
ANNUAL REPORT

of the

Inter-American Tropical Tuna Commission

1988

INFORME ANUAL

de la

Comisión Interamericana del Atún Tropical

La Jolla, California

1989

CONTENTS—INDICE

ENGLISH VERSION—VERSION EN INGLES

	Page
INTRODUCTION	7
COMMISSION MEETING	8
ADMINISTRATION	9
Budget	9
Financial statement	9
INTER-AGENCY COOPERATION	9
FIELD STATIONS	10
PUBLICATIONS AND REPORTS	11
THE FISHERY IN 1988	11
Statistics of catches and landings	11
The eastern Pacific Ocean tuna fleet	13
REGULATION OF THE FISHERY	14
RESEARCH IN 1988	15
Tuna biology	15
Ashotines Laboratory	29
Oceanography and tuna ecology	35
Tuna-dolphin investigations	39
STATUS OF THE TUNA STOCKS IN 1988 AND OUTLOOK FOR 1989	51
Yellowfin	51
Skipjack	64
Northern bluefin	68
Bigeye	71
Black skipjack	74
<hr/>	
FIGURES AND TABLES—FIGURAS Y TABLAS	77

VERSION EN ESPAÑOL—SPANISH VERSION

	Página
INTRODUCCION	205
REUNION DE LA COMISION	206
ADMINISTRACION	207
Presupuesto	207
Informe financiero	207
COLABORACION ENTRE ENTIDADES AFINES	207
OFICINAS REGIONALES	208
PUBLICACIONES E INFORMES	209
LA PESCA EN 1988	209
Estadísticas de capturas y desembarcos	209
La flota atunera del Océano Pacífico oriental	211
REGLAMENTACION DE LA PESQUERIA	213
LA INVESTIGACION EN 1988	213
Biología de los túnidos	213
El Laboratorio de Achotines	228
Oceanografía y ecología de los atunes	235
Investigaciones atún-delfín	239
SITUACION DE LOS STOCKS DE ATUNES EN 1988 Y PERSPECTIVAS PARA 1989	252
Aleta amarilla	252
Barrilete	267
Aleta azul del norte	271
Patudo	274
Barrilete negro	277
<hr/>	
APPENDIX 1—ANEXO 1	
STAFF—PERSONAL	279
APPENDIX 2—ANEXO 2	
FINANCIAL STATEMENT—DECLARACION FINANCIERA	283
APPENDIX 3—ANEXO 3	
PUBLICATIONS—PUBLICACIONES	287



**COMMISSIONERS OF THE INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA
COMMISSION AND THEIR PERIODS OF SERVICE FROM ITS
INCEPTION IN 1950 UNTIL DECEMBER 31, 1988**

**LOS DELEGADOS DE LA COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN
TROPICAL Y SUS PERIODOS DE SERVICIO DESDE LA INICIACION
EN 1950 HASTA EL 31 DE DICIEMBRE DE 1988**

COSTA RICA

Virgilio Aguiluz	1950-1965
José L. Cardona-Cooper	1950-1979
Victor Nigro	1950-1969
Fernando Flores B.	1958-1977
Milton H. López G.	1965-1977
Eduardo Beeche T.	1969-1971
Francisco Terán Valls	1971-1977
Manuel Freer	1977-1979
Gabriela Myers	1977-1979
Rodolfo Sáenz O.	1977-1979

UNITED STATES OF AMERICA

Lee F. Payne	1950-1961 ¹
Milton C. James	1950-1951
Gordon W. Sloan	1951-1957
John L. Kask	1952
John L. Farley	1953-1956
Arnie J. Suomela	1957-1959
Robert L. Jones	1958-1965 ²
Eugene D. Bennett	1950-1968 ³
J. Laurence McHugh	1960-1970
John G. Driscoll, Jr.	1962-1975 ⁴
William H. Holmstrom	1966-1973
Donald P. Loker	1969-1976
William M. Terry	1970-1973 ⁵
Steven E. Schanes	1973-1974
Robert C. Macdonald	1973
Wilvan G. Van Campen	1974-1976
Jack Gorbey	1975
Glen H. Copeland	1976-1977
Wymberley Coerr	1977-1988
Henry R. Bessley	1986
Mary L. Walker	1988

PANAMA

Miguel A. Corro	1953-1957
Domingo A. Díaz	1953-1957
Walter Myers, Jr.	1953-1957
Juan L. de Obarrío	1958-1980
Richard Eisenmann	1958-1960
Gabriel Galindo	1958-1960
Harmodio Arias, Jr.	1961-1962
Roberto Novey	1961-1962
Carlos A. López Guevara	1962-1974
Dora de Lanzner	1963-1972
Camilo Quintero	1963-1972
Arquimedes Franquezza	1972-1974
Federico Humbert, Jr.	1972-1974
Carolina T. de Mouritzen	1974-1985
Jaime Valdez	1974-1985
Carlos Arellano L.	1980-1983
Luis E. Rodríguez	1980-1984
Armando Martínez	1984-1988
Carlos Icaza	1985
Dalva H. Arosemena M.	1988

ECUADOR

César Raza	1961-1962
Enrique Ponce y Cabro	1961-1963
Pedro José Arteta	1961-1962
Eduardo Burneo	1961-1965
Héctor A. Chiriboga	1963-1966
Francisco Baquerizo	1963
Vicente Tamariz A.	1964-1965
Wilson Vela H.	1966-1968
Luis Pareja P.	1966-1968
Vinicio Reyes E.	1966-1968

MEXICO

Rodolfo Ramirez G.	1964-1966
Mauro Cárdenas F.	1964-1968
Hector Chapa Saldaña	1964-1968
Maria Emilia Téllez B.	1964-1971
Juan Luis Cifuentes L.	1967-1970
Alejandro Cervantes D.	1960-1978
Amin Zarur M.	1968-1970
Arturo Díaz R.	1970-1978
Joaquín Mercado F.	1970-1977
Pedro Mercado S.	1970-1975
Fernando Castro y Castro	1975-1977

CANADA

Emerson Gennis	1968-1969
Alfred W. H. Needler	1968-1972
E. Blyth Young	1968-1980
Leo E. Labrosse	1970-1972
Robert L. Payne	1970-1974
G. Ernest Waring	1970-1976
S. Noel Tibbo	1970-1977
James S. Beckett	1977-1984
Michael Hunter	1981-1984

JAPAN

Tomonari Matsushita	1971-1973
Shoichi Masuda	1971-1985
Fumihiko Suzuki	1971-1972
Seiya Nishida	1972-1974
Kunio Yonezawa	1973-1979
Harunori Kaya	1974-1976
Michio Mizoguchi	1976-1977
Michihiko Junihiro	1979-1980
Tatsuo Saito	1979-1983
Toshio Isogai	1980-1983
Susumu Akiyama	1984-1986
Ryuichi Tanabe	1984-1985
Satoshi Moriya	1985-1987
Yamato Ueda	1985
Takehisa Nogami	1986
Kazuo Shima	1987

FRANCE

Serge Garache	1973
Robert Letaconnoux	1973-1983
Rene Thibaudau	1976-1977
Maurice Fourneyron	1980-1987
Dominique Piney	1987

NICARAGUA

Gilberto Bergman Padilla	1973-1980
Antonio Flores Arana	1973-1978
Jose B. Godoy	1976-1980
Octavio Gutierrez D.	1977-1980
Jamil Urroz E.	1977-1985
Abelino Aróstegui Valladares	1985-1988
Sergio Martínez Casco	1988

¹Deceased in service April 10, 1961

²Murió en servicio activo el 10 de abril de 1961

³Deceased in service April 26, 1965

⁴Murió en servicio activo el 26 de abril de 1965

⁵Deceased in service December 18, 1968

⁶Murió en servicio activo el 18 de diciembre de 1968

⁷Deceased in service May 5, 1973

⁸Murió en servicio activo el 5 de mayo de 1973

⁹Deceased in service October 16, 1975

¹⁰Murió en servicio activo el 16 de octubre de 1975

ANNUAL REPORT OF THE INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION, 1988

INTRODUCTION

The Inter-American Tropical Tuna Commission operates under the authority and direction of a convention originally entered into by Costa Rica and the United States. The convention, which came into force in 1950, is open to adherence by other governments whose nationals fish for tropical tunas in the eastern Pacific Ocean. Under this provision Panama adhered in 1953, Ecuador in 1961, Mexico in 1964, Canada in 1968, Japan in 1970, and France and Nicaragua in 1973. Ecuador withdrew from the Commission in 1968, Mexico in 1978, Costa Rica in 1979, and Canada in 1984.

The principal duties of the Commission under the convention are (1) to study the biology of the tunas and related species of the eastern Pacific Ocean with a view to determining the effects that fishing and natural factors have on their abundance and (2) to recommend appropriate conservation measures so that the stocks of fish can be maintained at levels which will afford maximum sustainable catches.

In 1976 the Commission's duties were broadened to include problems arising from the tuna-dolphin relationship in the eastern Pacific Ocean. As its objectives it was agreed that, "the Commission should strive [1] to maintain a high level of tuna production and also [2] to maintain porpoise stocks at or above levels that assure their survival in perpetuity, [3] with every reasonable effort being made to avoid needless or careless killing of porpoise." The specific areas of involvement were to be (1) monitoring population sizes and mortality incidental to fishing through the collection of data aboard tuna purse seiners, (2) aerial surveys and dolphin tagging, (3) analyses of indices of abundance of dolphins and computer simulation studies, and (4) gear and behavioral research and education.

To carry out these missions, the Commission is required to conduct a wide variety of investigations at sea, in ports where tunas are landed, and in the laboratory. The research is carried out by a permanent, internationally-recruited research and support staff selected and employed by the Director (Appendix 1), who is directly responsible to the Commission.

The scientific program is now in its 38th year. The results of its research are published by the Commission in its Bulletin series in English and Spanish, its two official languages. Reviews of each year's operations and activities are reported upon in its Annual Report, also in the two languages. Other studies are published in the Commission's Special Report series and in books, outside scientific journals, and trade journals.

COMMISSION MEETING

The Commission held its 45th meeting in La Jolla, California, on March 8–10, 1988. Ing. Armando R. Martínez Valdés of Panama served as Chairman. Representatives of all five member governments attended the meeting, as did observers from Colombia, Costa Rica, Guatemala, the Republic of China, Spain, Venezuela, and the International Whaling Commission.

The following agenda was adopted:

1. Opening of meeting
2. Adoption of agenda
3. Review of current tuna research
4. The 1987 fishing year
5. Status of tuna stocks
6. Review of tuna-dolphin program
7. Recommendations for 1988
8. Recommended research program and budget for 1989–1990
9. An update of activities concerning arrangements for tuna management in the eastern Pacific
10. Place and date of next meeting
11. Election of officers
12. Other business
13. Adjournment

The following actions were taken by the Commission:

(1) The Commission staff recommended a yellowfin catch quota of 190,000 short tons for the 1988 fishing year, with the option to increase this limit by two increments of 30,000 tons each to allow for the possibility that the staff has underestimated the stock abundance. The rationale for this recommendation is given in Background Paper 2 prepared for the meeting, which is available from the Commission on request. The Commission adopted the following resolution regarding a yellowfin conservation program for 1988:

The Inter-American Tropical Tuna Commission, having the responsibility for management of tunas and tuna-like fishes of the eastern Pacific Ocean, and having maintained since 1950 a continuing scientific program directed towards the study of such resources,

Notes that the yellowfin tuna resource of the eastern Pacific supports one of the most important surface fisheries for tunas in the world, and

Recognizes, based on past experience in the fishery, that potential production from the resource can be reduced by excessive fishing effort;

Recalls that from 1966 through 1979 the implementation of a successful conservation program maintained the yellowfin stocks at high levels of abundance, and

Notes that from 1980 through 1986, although no conservation program was implemented, conservation measures were nevertheless recommended by the scientific staff to the Commissioners, and in turn such measures were recommended by the Commissioners to their respective governments, and

Further notes that due to low fishing mortality in 1982, 1983, and 1984, coupled with high recruitment in 1984 and 1985, and the favorable size composition of the 1985 and 1986 catches, all leading to a very high stock abundance in late 1985 and early 1986, there was no need for a catch limitation in 1987;

Recognizing that circumstances such as those that existed in 1987 were unprecedented and cannot be expected to occur frequently in the future,

Observes that, at current levels of abundance and at current fleet capacity, the stocks of yellowfin can be over-exploited, and *Concludes* that a limitation on the catch of yellowfin tuna should be implemented during the 1988 fishing year.

The Inter-American Tropical Tuna Commission therefore recommends to the High Contracting Parties that when a yellowfin conservation program is adopted for 1988, an annual quota of 190,000 short tons should be established on the total catch of yellowfin tuna for the 1988 calendar year from the CYRA as defined in the resolution adopted by the Commission on May 17, 1962, and

Further recommends that the Director should be authorized to increase this limit by no more than two successive increments of 30,000 short tons each if he concludes from examination of available data that such increases will offer no substantial danger to the stock, and

Finally recommends that all member states and other interested states work diligently to achieve the implementation of such a yellowfin conservation program for 1988.

(2) The Commission agreed to a proposed budget of \$3,525,000 for the 1989–1990 fiscal year.

(3) The Commission agreed to hold its next regular meeting in Paris, France, on May 17–19, 1989.

(4) The Commission elected Mr. Dominique Piney of France and Mr. Abelino Aróstegui Valladares of Nicaragua as Chairman and Secretary, respectively, of the Commission for 1989.

ADMINISTRATION

BUDGET

At its 43rd meeting, held in Tokyo, Japan, on October 15–16, 1985, the Commission unanimously approved the budget for the 1987–1988 fiscal year, submitted by the Director, in the amount of \$3,303,192. However the final amount received from the member nations during the 1987–1988 fiscal year was \$2,814,394, a shortfall of \$488,798 from the amount which was recommended and approved. As a consequence, the Director had to curtail a number of planned programs, including proposed work on bluefin tuna, biological studies of dolphins, and field work at Achotines, Panama.

FINANCIAL STATEMENT

The Commission's financial accounts for fiscal year 1987–1988 were audited by Peat, Marwick, Mitchell and Co. Summary tables of its report are shown in Appendix 2 of this report.

INTER-AGENCY COOPERATION

During 1988 the scientific staff continued to maintain close contact with university, governmental, and private research organizations and institutions on the local, national, and international level. This contact enabled the staff to keep abreast of the rapid advances and developments taking place in fisheries research and oceanography throughout the world. Some aspects of these relationships are described below.

The Commission's headquarters are located on the campus of Scripps Institution of Oceanography in La Jolla, California, one of the major world centers for the study of marine science and the headquarters for state and federal agencies involved in fisheries, oceanography, and ancillary sciences. This situation provides the staff an excellent opportunity to maintain frequent contact with scientists of these organizations.

The cordial and productive relationships which this Commission has enjoyed with the Comisión Permanente del Pacífico Sur (CPPS), the Food and Agriculture Organization (FAO) of the United Nations, the International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas (ICCAT), the Organización Latinoamericana de Desarrollo Pesquero (OLDEPESCA), the South Pacific Commission (SPC), and other international bodies continued during 1988.

Also during 1988 the Commission maintained close working relationships with fishery agencies of its member countries, as well as similar institutions in many non-member countries in various parts of the world. Since 1977 the IATTC staff has been training scientific technicians for placement aboard tuna vessels to collect data on abundance, mortality, and other aspects of the biology of dolphins. Government organizations, educational institutions, and industry representatives from the various countries involved have cooperated fully in the training and placement of these technicians. Over the years scientists and students from many countries have spent several weeks or months at the Commission's headquarters in La Jolla, using methods shown to them by IATTC scientists. In 1988, for example, a student at the École Nationale Supérieure Agronomique de Rennes, in Rennes, France, spent several months analyzing data on the tuna resources in the vicinity of Clipperton Island. Also, IATTC scientists have often rendered assistance with research on fisheries for tunas or other species to scientists of other countries while on duty travel to those countries, and occasionally have travelled to other countries for the specific purpose of assisting with their research programs. In 1988, for example, an IATTC employee assisted with the planning of a course of modelling of natural resources which will be given at the Centro de Investigación Científica y Estudios Superiores de Ensenada, in Ensenada, Mexico. Students from any Latin American country can take the course. In addition, employees of the Fisheries Research Institute of New South Wales, Australia, the Far Seas Fisheries Research Laboratory and the Tokai Regional Fisheries Research Laboratory of Japan, and the Hawaii Institute of Marine Biology assisted with the sampling for a Pacific-wide study of morphometric and meristic characters of yellowfin tuna being conducted by a member of the IATTC staff.

The establishment by the Commission of a research facility in Panama, described in the section entitled **Field Stations**, is giving the staff the opportunity to work more closely with Panamanian fisheries personnel. The presence of Commission scientists at this laboratory has made it possible to provide assistance to local scientists in the implementation of research projects on species other than tunas, e.g. snappers. Considerable progress has been made in the snapper program; this subject is discussed in the section entitled **Achotines Laboratory**.

FIELD STATIONS

The Commission maintains field offices in Manta, Ecuador; Ensenada, Baja California, Mexico; Panama, Republic of Panama; Coishco, Peru; Terminal Island, California, and Mayaguez, Puerto Rico, U.S.A.; and Cumaná, Venezuela. The scientists and technicians stationed at these offices collect landings statistics, abstract the logbooks of tuna vessels to get catch and effort data, measure fish and collect other biological data, and assist with the training and placement of scientific technicians aboard vessels participating in the Commission's tuna-dolphin program. This work is carried out not only in the above-named ports, but also in other ports in Colombia, Costa Rica, Ecuador, Mexico, Panama, Peru, Puerto Rico, and Venezuela, which are visited periodically by these employees. Not all of these tasks are performed by Commission employees in all the above-named countries, however; for example, in 1988 they participated in the tuna-dolphin work only in Ecuador, Mexico, Panama, and Venezuela.

In addition, the Commission maintains a laboratory at Achotines Bay, just west of Punta Mala on the Azuero Peninsula of Panama. The Achotines Laboratory is used principally for studies of the

early life history of tunas. Such studies are of great importance, as acquisition of knowledge of the life history of tunas prior to recruitment into the fishery would eliminate much of the uncertainty which currently exists in the staff's assessments of the condition of the various stocks of tunas. The Commission plans to enlarge the laboratory facilities so that there will be adequate space for investigators from other agencies, such as Panama's Dirección General de Recursos Marinos, the University of Panama, etc.

PUBLICATIONS AND REPORTS

The prompt and complete publication of research results is one of the most important elements of the Commission's program of scientific investigations. By this means the member governments, the scientific community, and the public at large are currently informed of the research findings of the IATTC staff. The publication of basic data, methods of analysis, and conclusions afford the opportunity for critical review by other scientists, ensuring the soundness of the conclusions reached by the IATTC staff, as well as enlisting the interest of other scientists in the Commission's research. By the end of 1988 the IATTC staff had published 126 Bulletins, 37 Annual Reports, 6 Special Reports, 5 books, and 336 chapters and articles in books and outside journals. The publications by staff members received during 1988 are listed in Appendix 3 of this report.

THE FISHERY IN 1988

STATISTICS OF CATCHES AND LANDINGS

The IATTC staff is concerned principally with the eastern Pacific Ocean (EPO), defined as the area between the mainland of North, Central, and South America and 150°W.

Statistical data from the Commission's field stations are continuously being collected and processed. As a result, estimates of fisheries statistics with varying degrees of accuracy and precision are available. Because it may require a year or more to obtain some final information, and because the staff has been updating the data for earlier years, the annual statistics reported here are the most current, and supersede earlier reported statistics. The weights are reported in short tons.

Annual catch estimates for the various species of tunas and other fishes landed by vessels fishing at least part of the year in the Commission's Yellowfin Regulatory Area (CYRA, Figure 1) for yellowfin, *Thunnus albacares*, skipjack, *Katsuwonus pelamis*, or bluefin, *Thunnus thynnus*, during the 1961–1988 period are shown in Table 1. This table includes only the catches by surface gear, except that Japanese longline catches of yellowfin in the CYRA are included. The catch data for yellowfin in the CYRA and skipjack and bluefin in the EPO are essentially complete except for insignificant catches of all three species made by the sport and artisanal fisheries, and insignificant catches of skipjack and bluefin by the longline fishery. The western Pacific and Atlantic Ocean catch data in Table 1 are not total catch estimates for those waters because data for vessels which had not fished in the CYRA during the year in question are not included. Also, large amounts of bigeye, *Thunnus obesus*, taken by longline in the eastern Pacific are not included in Table 1; they are shown in Table 42, however.

There were no restrictions on fishing for tunas in the EPO during the 1979–1987 period, so the statistics for 1988 are compared to those of 1979–1987. During this period there was a major El Niño that began in late 1982 and persisted until late 1983. The catch rates in the EPO were low during the El Niño, which caused a shift of fishing effort from the eastern to the western Pacific, and fishing effort remained relatively low during 1984–1986.

The average yellowfin catch in the CYRA during the 1979–1987 period was 179.2 thousand tons (range: 91.4 to 272.9; median: 174.7). The preliminary estimate of the 1988 yellowfin catch in the CYRA is 295.4 thousand tons. This is the greatest yellowfin catch ever recorded in the CYRA, exceeding the previous high, recorded in 1987, by 20.5 thousand tons. During the 1979–1987 period the yellowfin catch from the area between the CYRA boundary and 150°W has averaged 24.1 thousand tons (range: 13.5 to 42.7; median: 24.1). The preliminary estimate of the yellowfin catch from this area for 1988 is 21.6 thousand tons. This is less than the catches of 1985–1987, but exceeds those of 1982–1984. The greatest catch from this area was 50.8 thousand tons in 1976. The estimated 1988 yellowfin catch from the EPO, 317.1 thousand tons, is the greatest on record, exceeding the previous high, recorded in 1987, by 15.6 thousand tons.

The average annual distribution of logged catches of yellowfin by purse seiners in the EPO during the 1979–1987 period is shown in Figure 2, and a preliminary estimate for 1988 is shown in Figure 3. As fishing conditions change throughout the year, the areas of greatest catches vary. The catch of yellowfin during the first quarter of 1988 was generally restricted to regions inside the CYRA, primarily in nearshore areas. During the second quarter the nearshore catches decreased, though areas of high catch were observed near the coast between about 18°N and 23°N. The catches during the second quarter increased in offshore areas between about 6°N and 12°N from 88°W to 94°W, and between about 13°N and 19°N from 110°W to 122°W. The catches during the third quarter were fairly uniformly distributed between about 2°N and 12°N from 84°W to 110°W, with some areas of high catches near the coast, and at about 100°W, between 8°N and 12°N. Greater catches also developed off the coast of South America in the area between about 4°S and 1°N as far west as 87°W. During the fourth quarter the peak yellowfin fishing moved further offshore into the area of about 110°W to 115°W at about 12°N, though the catches remained widely distributed in the area between about 6°N and 14°N from 96°W to 120°W.

During the 1979–1987 period the skipjack catch in the EPO averaged 94.9 thousand tons (range: 54.5 to 145.5; median: 70.0). The preliminary estimate of the skipjack catch in the EPO in 1988 is 94.4 thousand tons. This is the greatest catch since 1982, but it is less than the catches for 1979–1982. This increase in skipjack catch, as compared to recent years, is the result of a shift in effort from fishing on schools of yellowfin associated with dolphins to fishing on other school types, e.g. schools associated with floating objects, which are comprised primarily of skipjack and smaller yellowfin.

The average annual distribution of catches of skipjack by purse seiners in the EPO during the 1979–1987 period is shown in Figure 4. The skipjack catches in 1988 were concentrated in three areas: in a band between about 4°N and 10°N from the coast to 98°W; near the coast of Mexico between about 23°N and 25°N; and offshore between about 13°N and 19°N from 113°W to 121°W (Figure 5).

While yellowfin and skipjack comprise the most significant portion of the catch made in the EPO, bluefin, bigeye, albacore, *Thunnus alalunga*, black skipjack, *Euthynnus lineatus*, bonito, *Sarda orientalis*, and other species contribute to the overall harvest in this area. The total catch of these other species in the EPO was about 17.0 thousand tons in 1988, as compared to the 1979–1987 average of 17.2 thousand tons (range: 8.2 to 32.8; median: 15.3). The estimated catch of all species in the EPO in 1988 was about 428.4 thousand tons; this has been exceeded only once before, in 1976, when 435.4 thousand tons were harvested in the EPO.

Tuna vessels fishing in the EPO occasionally fish in other areas in the same year. In 1988 various vessels which were part of the eastern Pacific fleet also fished in the western Pacific and/or in the Atlantic and Caribbean. The 1979–1987 average catch by these vessels in the western Pacific was about 19.1 thousand tons (range: 4.8 to 83.6; median: 9.7), and in the Atlantic and Caribbean about 9.9 thousand tons (range: 2.9 to 17.3; median: 9.8). The maximum catches made in other areas by vessels of the eastern Pacific fleet were made in 1983, the year of the lowest total catch in the EPO (181

thousand tons) since 1960. Preliminary estimates indicate that the 1988 total catches in these areas by vessels of the eastern Pacific fleet were about 3.7 thousand tons in the western Pacific and 0.5 thousand tons in the Atlantic and Caribbean.

The 1987 and preliminary 1988 catches in the EPO by flag, and landings by country, are given in Tables 2 and 3. The landings are fish unloaded during a calendar year, regardless of the year of catch. The country of landing is that in which the fish were unloaded from the fishing vessel or, in the case of transshipments, the country which received the transshipped fish.

Of the total 1987 EPO yellowfin catch of 301.5 thousand tons, 91 percent was harvested in the CYRA, with Mexican-, U.S.-, Venezuelan-, and Ecuadorian-flag vessels taking 36, 35, 14, and 6 percent, respectively, of the catch. Of the catch outside the CYRA, U.S.- and Mexican-flag vessels harvested 52 and 41 percent, respectively. In 1988 93 percent of the EPO yellowfin catch of 317.1 thousand tons was made in the CYRA. Mexican-, U.S.-, Venezuelan-, and Ecuadorian-flag vessels harvested 36, 29, 15, and 10 percent, respectively, of the catch. Of the catch outside the CYRA, U.S.- and Mexican-flag vessels took 58 and 39 percent, respectively.

The United States is the recipient of the greatest amount of tunas harvested by the eastern Pacific fleet (Table 3). Of the 436.3 thousand tons landed in 1988, 161 thousand tons (37 percent) was landed there. The landings in Mexico (73 thousand tons; 17 percent) and Ecuador (53 thousand tons; 12 percent) were next. Other countries with significant landings of tunas caught in the EPO included Italy, Japan, Panama, and Venezuela. When final information is available, the landings currently assigned to various countries may change due to exports from various storage facilities to processors in other nations.

Under the terms of the convention which established the Inter-American Tropical Tuna Commission, monitoring of the condition of the stocks of tunas and other species taken in the EPO by tuna fisheries is the primary objective of the Commission's research. Taking into consideration the migrations of the tunas, the mobility of the vessels of the tuna fleets of various nations, and the international nature of the tuna trade, statistics on the catch and effort from the eastern Pacific must be viewed in the light of global statistics. The IATTC staff routinely estimates the global catches of the tunas and related species. The methodology of obtaining the estimates is described in IATTC Internal Report 11. The estimated global catches of tunas and related species for 1987, the most recent year for which data are available, are presented in Figures 6 and 7. An overview of the catches of the principal market species of tunas during 1975–1987 by oceans appears in Figure 8.

THE EASTERN PACIFIC TUNA FLEET

The IATTC staff maintains records of gear, flag, and fish-carrying capacity for most of the vessels which fish for yellowfin, skipjack, or bluefin tuna in the EPO. Records are not maintained for Far East-flag longline vessels, nor for sport-fishing vessels and small craft such as canoes or launches. The eastern Pacific surface fleet described here includes vessels which have fished all or part of the year in the EPO for yellowfin, skipjack, or bluefin.

The owner's or builder's estimates of the vessel carrying capacities are used until landing records indicate that revision of these is appropriate. The vessels are grouped, by carrying capacity, into the following size classes for reporting purposes: class 1, less than 51 tons; class 2, 51–100 tons; class 3, 101–200 tons; class 4, 201–300 tons; class 5, 301–400 tons; and class 6, more than 400 tons. (These are not to be confused with the eight size groups used for calculation of the catch per ton of carrying capacity in the section entitled *Catch per ton of carrying capacity*.) Except for longliners and miscellaneous small vessels mentioned in the previous paragraph, all vessels which fished in the EPO during the year are included in the annual estimates of the size of the surface fleet.

Until 1960 fishing for tunas in the EPO was dominated by baitboats operating in the more coastal regions and in the vicinity of offshore islands. During the late 1950s and early 1960s most of

the larger baitboats were converted to purse seiners, and by 1961 the eastern Pacific surface fleet was dominated by these vessels. During the 1950–1988 period the number of baitboats decreased from about 200 to 35, and the capacity decreased from about 40 thousand to 3 thousand tons. During the same period the number of purse seiners increased from about 70 to 180, and the capacity increased from about 8 thousand to nearly 150 thousand tons. The peak in numbers and capacity of purse seiners occurred during the 1978–1981 period, when the number of these vessels ranged from 247 to 268 and the capacity from 181 to 185 thousand tons (Table 4).

The construction of new and larger purse seiners, which began during the mid-1960s, resulted in an increase in the fleet capacity from 46.3 thousand tons in 1966 to 184.6 thousand tons in 1976. During the 1977–1981 period the fleet capacity remained fairly stable, increasing by only about 2.6 thousand tons. During this period the construction of new vessels continued, but the new capacity was offset by losses due to sinkings and vessels leaving the fishery. In 1982 the fleet capacity declined by 16.2 thousand tons as vessels were deactivated or left the EPO to fish in other areas, primarily the western Pacific. This trend continued through 1983 as the catch rates in the EPO declined, due primarily to anomalous ocean conditions in 1982–1983. During 1983 the fleet capacity declined by 28.8 thousand tons, and in 1984 it declined an additional 25.4 thousand tons. The fleet capacity in 1984, about 116.5 thousand tons, was the lowest it had been since 1971. In 1985, however, due primarily to the return of vessels from the western Pacific, the capacity increased to about 129.7 thousand tons. In 1986 the fleet capacity decreased to about 124.5 thousand tons. During 1987 several vessels were activated, and others returned to the eastern Pacific fishery from the western Pacific, causing the fleet capacity to increase to 146.0 thousand tons. This trend continued in 1988, resulting in an estimated fleet capacity of 151.1 thousand tons. This is the greatest fleet capacity observed since 1982 (Table 4).

The 1987 and preliminary 1988 data for numbers and carrying capacities of surface-gear vessels in the eastern Pacific fleet are shown in Tables 5 and 6 by flag, gear, and size class. The eastern Pacific fleet was dominated by vessels operating under the Mexican, U.S., and Venezuelan flags during both 1987 and 1988, with about 85 percent of the total capacity of the fleet flying the flags of these nations. The Mexican-flag fleet was the largest in both 1987 and 1988, 37 and 36 percent of the total capacity, respectively, and was followed by the United States with 29 percent in each year, and Venezuela with 20 percent in each year. The majority of the total capacity of the eastern Pacific fleet consists of purse seiners with capacities of over 400 tons. This group of vessels comprised 93 percent of the total fishing capacity operating in the EPO in both 1987 and 1988.

The IATTC staff makes weekly estimates of the tons of fleet capacity at sea (CAS). The average, minimum, and maximum monthly CAS values for the EPO during 1979–1987, and the 1988 values, are shown in Figure 9. These monthly values are the averages of the weekly values. The values for the 1979–1987 period were chosen for comparison with those of 1988 because the earlier years, when regulations were in effect, had somewhat different temporal distributions of effort due to restriction of yellowfin fishing in the CYRA. The 1988 CAS values were not significantly different from the 1979–1987 average values. The 1988 CAS was highest in March, at 97.4 thousand tons, and lowest in December, at 64.0 thousand tons.

REGULATION OF THE FISHERY

During past years catch quotas for yellowfin tuna for the CYRA have been recommended by the IATTC staff and variously adopted in Commission resolutions and implemented by the countries participating in the fishery. Quotas for 1966 through 1979 were adopted and implemented. Agreement on a quota for 1979 was reached so late that it was ineffective, however. At its 37th meeting, held in October 1979, the Commission was unable to arrive at an agreement concerning a yellowfin

conservation program for 1980; it subsequently agreed to a quota of 165,000 short tons, with provisions to increase it at the discretion of the Director, but the quota was not implemented. At the 38th through 43rd meetings the IATTC staff recommended quotas of 160,000 tons for 1981 and 1982, 170,000 tons for 1983, 162,000 tons for 1984, 174,000 tons for 1985, and 175 thousand tons for 1986, with provisions for increases by the Director based on findings of the staff regarding the status of the stock. These quotas were adopted, but not implemented. At the 44th meeting the IATTC staff did not recommend a quota for 1987, due to special circumstances which resulted in unusually great abundance of yellowfin in the eastern Pacific, but emphasized that catch quotas would almost certainly be necessary in the future. At its 45th meeting, held in March 1988, the staff recommended a quota of 190,000 tons, with the option to increase this limit by two increments of 30,000 tons each. This quota was adopted (see the resolution on pages 8-9), but not implemented.

It has not been demonstrated to date that there is a need for conservation measures for the other species of tunas harvested in the EPO.

RESEARCH IN 1988

TUNA BIOLOGY

Annual trends in catch per unit of effort (CPUE)

Catch per days fishing (CPDF) and catch per standard days fishing (CPSDF) are used by the IATTC staff as indices of apparent abundance and as general measures of fishing success. The data are obtained from logbook records supplied by most of the vessels which fish for tunas in the eastern Pacific Ocean. The data which do not meet certain criteria for species composition and accuracy are eliminated from consideration before proceeding with the calculations. During the 1950s, when most of the catch was taken by baitboats, catch and CPDF data for baitboats of different size classes were standardized to calculate the CPSDF for Class-4 baitboats (vessels with capacities of 201-300 short tons of frozen tuna). Later, when most of the baitboats were converted to purse seiners, the catch and CPDF data for purse seiners were standardized to calculate the CPSDF for Class-3 purse seiners (vessels with capacities of 101 to 200 short tons). The next steps, as smaller vessels were replaced by larger ones, were calculation of the CPSDF for Class-6 purse seiners (vessels with capacities of more than 400 short tons) and finally calculation of the CPDF for Class-6 purse seiners, ignoring the data for the smaller vessels. The CPDF and CPSDF may be influenced by such factors as spatial and temporal changes in fishing strategy, distribution of effort, and vulnerability of the fish to capture. Some of these changes have been estimated and adjusted for, and others, such as those due to environmental conditions, are assumed to average out over the long term.

CPUE data for 1959-1988 for yellowfin and skipjack combined are shown in the upper panel of Figure 10. The data for 1968-1988 are CPDF data for Class-6 purse seiners. Those for 1959-1967 are CPSDF data for Class-4 baitboats, multiplied by 2.82 to adjust for the fact that Class-6 purse seiners are about 2.82 times as efficient as Class-4 baitboats. The adjustment factor of 2.82 was calculated from CPDF data for yellowfin and skipjack combined for Class-6 purse seiners and Class-4 baitboats fishing in the same area-time strata during the 1965-1974 period, when there were sufficient numbers of both types of vessels in the fishery. Because the 1968-1988 data are CPDF data for Class-6 vessels and those for 1959-1967 are adjusted to the equivalent of CPDF for Class-6 vessels, they will henceforth be referred to as CPDF data.

The total catches of yellowfin and skipjack east of 150°W combined for each year were divided by the CPDF for both species for unregulated trips to estimate the total effort in Class-6 purse-seine days. These estimates of total effort were divided into the total catches of yellowfin and of skipjack to

obtain the CPDFs for each species separately. These are shown in the middle and lower panels of Figure 10.

Yellowfin

The preliminary CPDF value of 14.0 tons per day for 1988 is equal to that for 1987, which was the fourth greatest on record, exceeded only by those for 1960, 1968, and 1986 (14.2, 14.3, and 16.3 tons per day, respectively). During the 1959–1972 period the CPDF ranged from about 9 to 14 tons per day, with lows in 1959, 1962, and 1971 and highs in 1960, 1968, and 1969. Beginning in 1973, the CPDF declined to a low of 4.9 tons in 1982. Since then there has been a remarkable recovery. The fishery has changed considerably since the 1960s, however, so caution should be used in comparing the data for the earlier years with those for the more recent ones. The principal problem is caused by the fact that the baitboat fishery operates relatively near shore and almost entirely north of 15°N, whereas the purse-seine fishery operates also far offshore and as far south as about 20°S. The values in Figure 10 differ somewhat from weighted averages of the CPDF values for the CYRA and the area outside the CYRA in Table 40 because the values in the figure were obtained from data on the total catches of yellowfin and skipjack, whereas those in the table were obtained from data for yellowfin catches only.

Skipjack

During the 1959–1968 period the CPDF for skipjack averaged about 10.0 tons per day, with a high of 16.0 tons in 1967 and a low of 5.5 tons in 1960 (Figure 10). During the late 1960s many small purse seiners were replaced by larger ones which found it more profitable to fish in areas where yellowfin were more abundant and skipjack less so, which resulted in lower CPDF values for skipjack. During the 1969–1988 period the average CPDF was 4.1 tons per day, with a high of 7.5 tons in 1978 and lows of 2.4 tons in 1972 and 1973. As is the case for yellowfin, caution should be used in comparing the data for earlier and later years. In addition to the probable bias caused by the fact that the effort was directed more toward yellowfin and less toward skipjack during the more recent years, there is the problem caused by the restricted range of the baitboat fishery mentioned in the yellowfin section above.

Catch per ton of carrying capacity

The eastern Pacific fleet's total catch per ton of carrying capacity (CPTCC) provides an index of trends in annual relative gross income for vessel size groups. To provide more detail in this index than would be available if the Commission's historical six classes of vessel capacity classification were used, the following size groups have been identified: 1, <301 tons; 2, 301–400 tons; 3, 401–600 tons; 4, 601–800 tons; 5, 801–1000 tons; 6, 1001–1200 tons; 7, 1201–1400 tons; and 8, >1400 tons.

CPTCC estimates for 1974–1988 period are presented in Table 7 for the EPO and for all ocean fishing areas from which eastern Pacific fleet vessels harvested fish, by size group, area, and species. For the larger vessels yellowfin and skipjack contribute the most to the CPTCC, while other species, which include other tunas as well as miscellaneous fishes, make up an important part of the CPTCC of the smaller vessels in many years. In earlier years, and in years when the majority of the EPO fleet exerts most of its fishing effort in the EPO, the CPTCCs for the EPO and all ocean fishing areas are nearly the same. During the 1974–1987 period the pooled CPTCC in the EPO for all vessels and all species averaged 2.1 tons of fish per ton of carrying capacity, with a range of 1.2 to 3.0; for yellowfin it averaged 1.4 tons, with a range of 0.7 to 2.4; and for skipjack it averaged 0.6 tons, with a range of 0.4 to 1.0. The preliminary estimates for 1988 are 2.7, 2.1, and 0.6 tons for all species, yellowfin, and skipjack, respectively.

Standardization of yellowfin catch rates

An alternative to catch per day's fishing (CPDF) as an index of relative annual yellowfin abundance is described in IATTC Bulletin, Vol. 19, No. 3. With the alternative index, each observation of catch rate is defined as the tons caught in a set divided by the hours of searching since the last set. In order to estimate the average abundance over the entire year and the entire eastern Pacific Ocean the data are weighted such that each 5-degree quadrangle-month receives a weight proportional to the surface area of ocean in it and each hour of searching receives approximately equal weight within a 5-degree quadrangle-month. Then a generalized linear model is used to estimate the annual variation in the catch rates independent of trends in vessel efficiency, environmental conditions, and modes of fishing.

Data exist for many factors which could conceivably influence the yellowfin catch rates. The following factors were investigated, using data from 1970–1988: vessel speed and capacity, whether the vessel had a helicopter, whether it had sonar, net length and depth, skipper, sea-surface temperature, wind speed and direction, location and time of fishing, set type (school, dolphin, or floating object), and whether skipjack were also caught. After the factors which did not have important effects were eliminated the model included the effects of year, vessel speed, search classification, season-area, and the interaction between search classification and season-area. Search classification (Table 8) is a combination of set type and skipjack effects. Season-area is described in Figure 11. The year effects are the annual differences in catch rates not attributable to the other variables in the model. They serve as indices of abundance standardized by the other variables.

As shown in Figure 12, the trend of the indices has both differences from and similarities to CPDF. The indices from the linear model do not have the large fluctuations during 1970–1974 that CPDF has; however, they both show a sharp decline in 1975 and a sharp recovery in 1976. Both the decline in 1976–1982 and the increase during 1983–1986 are more gradual for the indices from the linear model. It appears that when the fishery switches from dolphin-set fishing to floating object-set fishing, as it did during 1974–1982, CPDF underestimates yellowfin abundance, and that when the fishery switches back to dolphin-set fishing, as it did during 1984–1988, CPDF overestimates the abundance.

Starting around the beginning of 1988, many seiners began to add "bird radar" (S-band). This is believed to improve greatly the vessel's ability to detect birds, and hence the fish beneath the birds. This could bias the estimates of yellowfin abundance upward in 1988. Accordingly, the IATTC staff is currently collecting data on bird radar which can be used to evaluate its effects on the catch rates and adjust for them in the future.

One of the greatest limitations to using estimates of total abundance is that, even if they are correct, they give no information about the age structure. Since the condition of the population depends on the age structure, it may be useful to analyze the catch rates by size or age groups. The following preliminary steps were taken to prepare the length-frequency data for use in this kind of analysis. First, the length-frequency data were checked for internally-detectable errors. Then they were checked against the logbook data base for discrepancies. After the discrepancies were sorted out and appropriate corrections were made the data were analyzed to determine which samples in the length-frequency data are most likely to represent the length frequencies for the sets in the logbook data. Then length frequencies were assigned to each set in the logbook data, and the catch rates of each size of fish was estimated. For each size of fish a separate analysis of catch rate, similar to those in IATTC Bulletin, Vol. 19, No. 3, was performed. Further details are given below.

The length frequencies of yellowfin are partly a function of set type (school, dolphin, or floating object), skipjack (whether the yellowfin were caught in association with skipjack), location, and time of year. Since this information is present in both the logbook and length-frequency data bases, it can

be used to predict which length-frequency samples are most likely to represent the length frequencies of fish from sets in the logbook data for which length frequencies were not obtained. First, each length-frequency sample of known set type, skipjack association, location, and time of year was compared to each of the other known length-frequency samples. Then the average differences between pairs of length-frequency samples was estimated for various combinations of set type, skipjack association, distances between samples, and days between samples.

Since the greatest use of the length-frequency data is for cohort analysis, the length intervals used in this study correspond to the lengths of fish in the X and Y cohorts described in various IATTC Annual Reports. In order to weight each cohort equally, the difference between samples is defined as:

$$d(i,i') = \frac{1}{n} \cdot \sum_{j=1}^n (p_{ij} - p_{i'j})^2 / \bar{p}_j \quad i \neq i'$$

where $d(i,i')$ is a measure of the difference between the i th and the i' th sample, n is the number of cohorts, p_{ij} is the proportion of fish in the i th sample that are estimated to be of the j th cohort, and \bar{p}_j is the mean frequency of the j th cohort over all samples. It should be noted that the measure of difference need not be exact because the object is not to test a hypothesis, but just to look at relative differences. The relationships between d and the time and distance between samples which were the same for both set type and skipjack association are shown in Figure 13. The results for all the variables are summarized in Table 9. It is now possible to predict which length-frequency samples are likely to be the most similar to any given set in the logbook data. Therefore, the catch and the catch rate of fish of each cohort can be estimated with the greatest possible accuracy allowed by the data. These catch rates were then analyzed by the methods described in IATTC Bulletin, Vol. 19, No. 3. This method works reasonably well for all cohorts combined because the area covered by all cohorts combined is fairly constant from year to year. The area covered by individual cohorts varies significantly from year to year, however, so the abundance estimates must be adjusted for this.

After looking at many alternatives, the following method was chosen to make the adjustments. First, the standardization factors (vessel speed, set type, and presence or absence of skipjack) will be estimated as before. Then the standardized catch rate at the center of each area-time stratum (2.5 degree quadrangle-month) will be estimated, using a locally-weighted least-squares technique which employs data for the stratum in question and other nearby strata. If there is no fishing in a given area-time strata nor in any of the nearby strata the abundance in that stratum will be assigned a value of zero. The relative annual abundance estimate for a year will be the sum of the estimates for the various area-time strata for that year. Therefore, these estimates will be adjusted for annual variation in the area occupied by each cohort, as well as vessel speed, set type, presence or absence of skipjack, region, and season. In addition, the estimates for the strata will provide estimates of local abundance which are better than the within-strata means because missing values are supplied by interpolation, and strata for which there are few observations have the extraneous variation removed.

Size composition of the catch

Routine data collection

Length-frequency samples of yellowfin, skipjack, bluefin, bigeye, and black skipjack from purse-seine and baitboat catches made in the eastern Pacific Ocean are collected by IATTC personnel at ports of landing in Ecuador, Mexico, Panama, Peru, the United States (California and Puerto Rico), and Venezuela. The catches of yellowfin and skipjack were first sampled by the IATTC staff in 1954, and sampling has continued to the present. Information obtained from length-frequency samples has been used for the staff's estimates of growth, mortality, yield per recruit, and year-class

abundance. The results of these studies have been reported in several IATTC Bulletins and in all its Annual Reports since 1954.

The staff collected and processed 739 yellowfin, 340 skipjack, 26 bluefin, 10 bigeye, and 62 black skipjack samples from the 1988 catches in the eastern Pacific Ocean. Most of these were 50-fish samples. For both yellowfin and skipjack, the length-frequency samples are stratified by market measurement areas (Figure 14), months, and gear. Sampling within each stratum is done in two stages, with a boat "unit" (usually a well or a pair of wells) as the first stage and individual fish as the second stage. The units within strata are sampled randomly and fish selected randomly from each sampled unit are individually measured. The total number of fish in each length group in a sampled unit is estimated by dividing the total catch in weight in the unit by the average weight of the sampled fish in the unit and then multiplying this quotient by the fraction of the sampled fish in that length group. The stratum totals, in numbers of fish, for each length group are obtained by summing the totals for each sampled unit and then multiplying this total by the ratio of the weight of the logged catch of the stratum to the sum of the weights of the sampled units. The quarterly and annual totals are obtained by summing the data for all the sampled strata for the quarter or year in question. The quarterly and annual average weights are obtained by summing over all the length groups in the quarterly or annual estimates and dividing the sum into the sum of the weights of the catches for all the sampled strata.

Histograms showing the estimated tons of yellowfin caught, by 2-cm intervals, based on logged catches, for the market measurement areas of the CYRA in 1988 are shown in Figure 15. The areas are arranged approximately from north (top) to south (bottom) in the figure. Most of the fish caught in Area 1 were between about 46 and 94 cm in length, although there were small amounts of fish between 96 and 152 cm. There is one prominent mode centered at about 66 cm. In Area 8 most of the fish caught were between about 50 and 114 cm, with small amounts of fish up to 138 cm. There is one prominent mode centered at about 80 cm. In Area 2 most of the fish caught were between about 48 and 160 cm. The most prominent mode is centered at about 90 cm, and there are smaller modes at about 66 cm and between 130 and 150 cm. In Area 4 the size range of the catch was about the same as in Area 2. There are three modes of about equal prominence at approximately 76, 92, and 112 cm. The size range for Area 5 was about the same as for Areas 2 and 4. The most prominent mode is centered at 52 cm, and lesser modes are located at 70–80, 90–94, 110–120, and 140–150 cm. In Area 6 most of the fish caught were between about 40 and 140 cm. There are two modes of about equal prominence at approximately 54 and 72–78 cm, and a smaller one at about 116 cm. For Area 7 most of the fish caught were between about 44 and 160 cm. The most prominent mode is at about 120–130 cm, and there are lesser modes at about 70–80 and 40–60 cm. In Area 13 most of the fish caught were between about 120 and 160 cm. The most prominent mode is at about 130–140 cm.

Histograms showing the estimated tons of yellowfin caught, by 2-cm intervals, based on logged catches, in the entire CYRA for each year of the 1983–1988 period are shown in Figure 16. The preliminary estimate of the average weight for 1988, 17.1 pounds (7.8 kg), is the lowest since 1983.

Histograms showing the estimated tons of yellowfin caught, by 2-cm intervals, based on logged catches, in the eastern Pacific Ocean between the CYRA boundary and 150°W for each year of the 1983–1988 period are shown in Figure 17. In 1988 the size range of the fish in the catch was approximately 52 to 168 cm. The major mode is between about 130 and 150 cm, and there is a secondary mode at about 90–100 cm. The preliminary estimate of the average weight for 1988, 58.6 pounds (26.6 kg), is the lowest since 1983.

Histograms showing the estimated tons of skipjack caught, by 1-cm intervals, based on logged catches, for selected market measurement areas of the eastern Pacific Ocean in 1988 are shown in Figure 18. Data from Areas 8 and 13 are not shown because only small amounts of skipjack were caught in those areas, and, consequently, few length-frequency samples were taken there. For all

areas most of the fish caught were between about 40 and 65 cm, and there is a distinct mode at about 47–60 cm. For Area 1 there is a secondary mode at about 41–43 cm.

Histograms showing the estimated tons of skipjack caught, by 1-cm intervals, based on logged catches, in the eastern Pacific Ocean for each year of the 1983–1988 period are shown in Figure 19. The preliminary estimate of the average weight for 1988, 6.4 pounds (2.9 kg), is less than the corresponding values for 1985–1987, but it exceeds those for 1983 and 1984.

Northern bluefin are caught off Baja California and California from about 23° to 35°N. Most of the catch is taken during May through October, and virtually all of it is taken by purse seiners. Histograms showing the estimated tons of bluefin caught, by 2-cm intervals, based on logged catches, in the eastern Pacific Ocean for each year of the 1983–1988 period are shown in Figure 20. The 1988 catch included fish over 200 cm in length, the largest ever recorded from this fishery. These large fish first appeared in the catch at the end of October and continued to be caught through the end of the year. Most of them were taken between 32° and 34°N, at the northernmost extent of the fishery.

The surface catch of bigeye is incidental to those of yellowfin and skipjack (Table 1), and consequently the number of length-frequency samples was much less than those for yellowfin and skipjack. Accurate estimates of the weight of bigeye in the sampling units is often lacking, so the individual samples have not been weighted by the estimated numbers of fish in the units sampled. Histograms showing the estimated tons of surface-caught bigeye, by 2-cm intervals, in the eastern Pacific Ocean for each year of the 1983–1988 period are shown in Figure 21.

The annual length-frequency distributions of black skipjack caught during 1983–1988 are shown in Figure 22. The catch of black skipjack is incidental to those of yellowfin and skipjack, and much of it is discarded or not sold through the usual processors, so no attempt has been made to estimate the catch by size intervals. In 1988 over 1,500 black skipjack were measured, the most since 1981.

Evaluation of length-frequency sampling methods

As part of a program to evaluate the IATTC staff's length-frequency sampling methods, the lengths of yellowfin in six purse-seiner wells, located aboard five different vessels, were measured systematically during the unloading process. The sampling frequency, although fixed for each well, varied from every third to every tenth fish, depending on the unloading speed. Two wells contained fish caught in single sets, one made on schoolfish and the other on fish associated with dolphins. The overall distribution of lengths in these two wells was either unimodal or bimodal, and successive lengths were distributed randomly during the unloading process. The remaining four wells contained fish from two or more sets made on schoolfish, fish associated with dolphins, or both, and the length distributions ranged from uni- to trimodal. The order in which the fish were removed from three of the four wells was significantly non-random, a situation which could arise from long-term trends in the unloading sequence that affected either the mean length or the variance. This is a clear indication that the fish in the wells were stratified by length.

The distributional characteristics of the fish in the six test wells provided a necessary and realistic basis to develop computer programs to simulate the contents of the wells. The data revealed that information on the trends in length and variance, the degrees of random order, the relative magnitude of the modes, and the shapes of the actual, empirical distributions were all contained in the differences in lengths of successive fish. A systematic sample of differences could therefore be generated by joining the differences from two or more related test wells into a continuous sequence and choosing a random starting point. The absolute lengths of the fish could then be fixed by adding a starting length to these differences such that the final distribution(s) fell within the range of 35 to 175 cm. By applying these procedures repeatedly, systematic samples having known sampling frequencies were created for 25 wells.

The next stage of development involved a computer program that generated missing lengths in a systematic sample and also preserved the original trends in the data. For example, if the systematic sample frequency (k) was 3, then in the following sequence from a well containing N fish:

$$x \ x \ l_k \ x \ x \ l_{2k} \ x \ x \ l_{3k} \ \dots \dots \ l_{(N/3)k}$$

l_k is the first fish measured, and the x 's represent the missing values. The x 's were estimated by a moving distribution of measured lengths, but the number of lengths included in the distribution, or the "window" size, could affect the degree and kind of randomness in the well. At one extreme, a small window size led to a non-random sequence characterized by short-term oscillations. Increasing the window size led progressively to longer-term trends, and complete randomness if the window included N fish. Since the original test wells all contained long-term trends in mean length or variance to some degree, these features were maintained when converting all the systematic samples into complete well data.

The distributions of fish in the simulated wells represent the "landings," or a population of yellowfin of known sizes caught within an area-month stratum, and they can therefore be used to evaluate various sampling schemes. Certain details may change from one scheme to the next, but there are a number of common features. These include the selection of sample size (n), the number of wells to be sampled in the landings (m), and the choice of a random starting point within the randomly-selected wells before applying a particular sampling method. Since the IATTC staff, for its cohort analyses, routinely assigns the fish measured to size classes which represent cohorts, each iteration of any of the above-mentioned computer programs produces estimates of the frequencies of fish in the various cohorts, and also the total number of fish in the landings and their mean weight. A test is also carried out to measure the goodness-of-fit of the size-class estimates against a predetermined critical value obtained by random sampling. Repeated applications of a particular combination of n and m produce distributions of these estimates from which coefficients of variation and biases can be calculated. Different sampling schemes that incorporate these common features are now being developed.

Tagging

IATTC staff members tagged and released 19 yellowfin and 330 skipjack in the Gulf of Guayaquil on March 3–5, 1988, during the course of a log-tagging experiment described in the section of this report entitled *Tuna-dolphin Investigations*. During 1988 57 returns of these tags were received, 2 from yellowfin and 55 from skipjack. None of the fish had moved far from the area of release.

Movements of fish and the implications for management

The movements of any population of animals can be considered to consist of two components, directional movement and random movement. Directional movement may or may not be important. Bluefin tuna, for example, are hatched in the western Pacific, and many of them migrate to the eastern Pacific to feed and then return to the western Pacific to spawn. For yellowfin tuna, on the other hand, directional movement appears to be much less important. Random movement, which occurs in all species, causes the fish to disperse gradually. Directional and random movement can be measured by analysis of tagging data.

In the discussion that follows, which deals with yellowfin and skipjack, directional movement is assumed to be negligible. This assumption may not be fully warranted, as some tagging studies have suggested some directional movements for these species. It is further assumed that the degree of random movement is independent of location and time. This assumption is not thought to be

satisfied, and this will be discussed below. It is believed, however, that the analyses below have some validity even though the assumptions are not fulfilled.

If the area for which management is proposed, for example the Exclusive Economic Zone (EEZ) of a particular country, is large and the rate of dispersion of the fish is low, then management could be effective. If the area is small and the rate of dispersion is high, however, a management program conducted only within that area could not produce useful results. The effectiveness of a management program which is being considered can be quantified by calculations involving the size of the management area, the rate of dispersion of the fish (dispersion coefficient), a^2 , and the total mortality rate of the fish. For a particular EEZ and value of a^2 the "half life" can be calculated. If a group of fish is originally at the center of an EEZ, after a certain number of days half of those which have not died will be inside that EEZ and half will be outside of it; that number of days is called the half-life. If the area is large and the value of a^2 is low the half life will be long, *i.e.* it will take a long time for half the survivors to leave the area. If the area is small and the value of a^2 is high, however, the half life will be short. The half life for any combination of area and a^2 can be combined with an estimate of the total mortality rate for any species of fish, and the proportion of the fish originally at the center of the area which will ultimately die outside that area can be calculated. The results can be used to help decide whether the management areas are sufficiently large.

Data on the EEZs of 11 western Pacific island countries and three values of a^2 were combined with mortality rates of yellowfin and skipjack estimated by scientists of the South Pacific Commission to calculate the proportions of fish which would die outside the EEZs (Table 10). The equivalent radii, taken from a paper by Hilborn and Sibert (1988, Mar. Policy, 12 (1): 31-39), are the radii of circles having areas equal to the areas of the various EEZs. The a^2 values are within the range of values obtained from tagging experiments conducted in the eastern Pacific Ocean. The mortality rates, 6 percent per month (an annual instantaneous rate of 0.74) for yellowfin and 17 percent per month (an annual instantaneous rate of 2.24) for skipjack, were taken from the paper by Hilborn and Sibert cited above. It can be seen that the half-lives are directly proportional to the sizes of the EEZs of the various countries, that the probabilities of dying outside the EEZs are greater for the smaller EEZs, and that the probabilities of dying outside the EEZs are greater for yellowfin than for skipjack, due to the longer life span of yellowfin.

The data indicate considerable emigration of fish from the EEZs. The values in the table tend to underestimate the amount of emigration because the EEZs are not circles and the fish do not all occur at the centers of the areas. Also, the mortality rate used for skipjack is probably an overestimate, as it includes attrition due to emigration.

There is a problem with this sort of analysis, however. The values for the dispersion coefficients are so large that one would predict that the abundance of fish would not vary spatially. Catch-per-unit-of-effort (CPUE) data, however, indicate that some areas are better for fishing than others. It is possible that the fish are simply more vulnerable to capture in the better fishing areas, but oceanographic and biological studies and time series analyses of catch and effort data indicate that, in general, greater CPUEs in particular areas are the result of greater abundances of fish.

The dispersion coefficients which have been calculated appear to vary systematically, being less where there is more food. A mathematical model is being developed in which dispersion is a function of the saturation of the habitat. Within the model the intrinsic capacity of any location is specified, but this is moderated by the amount of fish present. Individuals are less likely to remain at a particular location if it is intrinsically poor, or if there are many fish there. This provides a mechanism whereby variability in the habitat could induce variability in the abundance of fish. This further complicates the question of how large a management area should be, however. Fishing removes fish and makes others moving into the area more likely to stay, thus generating immigration. If the exploitation rate is high more fish will immigrate into it and the immigrants will be drawn from further afield.

Morphometrics of yellowfin

It is important for assessment purposes to know if the population in question consists of one or more than one stock and, if the latter is the case, the distribution of the various stocks in space and time. Morphological characters, that is, measurements which describe body form, provide information useful for description of and differentiation among fish stocks. Multivariate statistical analysis of morphometric characters for investigating geographic and temporal variation can provide data complementary to those obtained from life history, physiological, and biochemical studies.

During 1988 analyses were carried out on the morphometric and gill raker count data taken on samples of yellowfin from five areas of the Pacific Ocean during January to May of 1988. The objectives of this research are to assess the geographic variation in yellowfin, employing univariate and multivariate statistical analyses of morphological characters and gill raker counts, and to compare the findings with those for the yellowfin morphometric analyses for the eastern Pacific reported in the IATTC Annual Report for 1987.

The samples for the Pacific basin study were collected at the Revillagigedo Islands, Mexico; Manta, Ecuador; New South Wales, Australia; Ishigaki, Japan; and Oahu, Hawaii. Thirteen linear measurements (Figure 23) were made with calipers on each fresh specimen within 24 hours of capture, and recorded to the nearest millimeter. The number of gill rakers on the first left gill arch was also recorded for each fish. The sex was determined for the fish from Ecuador and Australia.

The means and standard deviations for the gill raker counts for each area, and for all areas combined, are presented in Table 11. One-way analyses of variance, with area treated as the grouping criterion, indicated significant differences ($P < 0.01$) in the means for the upper limb, lower limb, and total gill raker counts (Table 11). The means and 95-percent confidence intervals for these gill raker counts, by area, are shown in Figure 24. For the total gill raker counts it is especially noteworthy that there is no significant difference between those of Australia and Japan, and those of Mexico and Hawaii, but that the counts for these pairs are significantly different from one another and each is different from those of Ecuador.

The measurements of the morphometric characters were adjusted to those expected for the overall mean total length with the formula:

$$\hat{Y}_i = \log_{10} Y_i - [\beta(\log_{10} X_i - \log_{10} \bar{X})]$$

where

- \hat{Y}_i = logarithm of the adjusted character measurement of the i th specimen,
- Y_i = unadjusted character measurement of the i th specimen,
- β = common within-group regression coefficient of $\log_{10} Y$ against $\log_{10} X$,
- X_i = total length of the i th specimen, and
- \bar{X} = overall mean total length.

Two-sample t tests indicated no significant differences between the male and female mean values for the adjusted morphometric characters and gill raker counts of the fish from Ecuador and Australia.

Stepwise discriminant analyses were used to classify individual fish into groups, using the adjusted morphometric characters separately and combined with the total gill raker counts. The classification functions were evaluated with the jackknife-validation procedure, which reduces the bias in the classification function. The results of stepwise discriminant analysis applied to the adjusted morphometric characters, combined with the total gill raker counts, are presented in Table 12. The percent-correct jackknifed classification for the fish ranged from 65.6 to 95.3 percent, with a

total of 79.3 percent. The chance-corrected classification indicates that this is 74.0 percent better than would have occurred by chance, with 95-percent confidence intervals of 69.0 to 79.0 percent. The F value computed from Mahalanobis' D^2 statistic, testing for equality of group means, showed a significant difference among the five groups ($F_{0.05, (48, 1592.96)} = 38.68, P < 0.0005$). The gill raker counts entered the discriminant analysis as variable nine and, although it added significantly to the discrimination among the fish in the five groups, the increase in the total percent-correct classification was only 1.7 percent. In Figure 25 there is complete separation of the centroid values for each group, as indicated by the 95-percent confidence circles for population centroids plotted on the first and second canonical axes. Although there is some strong overlap of the individuals, particularly for fish from Mexico and Ecuador, there is a fairly clear pattern of the grouping of the eastern Pacific samples, Mexico and Ecuador, from those of the central and western Pacific samples, along with separation of each of these from one another on the two canonical axes. The samples from Japan and Hawaii appear to be more similar than those from Australia and Japan. The first two canonical axes are responsible for 57.0 and 25.5 percent of the total dispersion, respectively.

Stepwise discriminant analysis was applied to the independently-adjusted morphometric characters and gill raker counts for the groups of fish from Mexico and Ecuador to evaluate further the ability to separate the fish from different locations in the eastern Pacific. The common-within group slopes were used to adjust the morphometric characters to those expected for the overall mean total length for these two groups, employing the previous formula. The results of the analysis are presented in Table 13. The percent-correct jackknifed classifications for the fish from Mexico and Ecuador were 81.3 and 88.5 percent, respectively, with a total of 84.6 percent. The chance-corrected classification indicates that this is 69.3 percent better than would have occurred by chance, with 95-percent confidence intervals of 58.3 to 80.3 percent. The F value computed from Mahalanobis' D^2 statistic, testing for equality of group means, showed a significant difference between the two groups ($F_{0.05, (6, 162)} = 40.00, P < 0.0005$). Size was considered to be significantly partitioned by the adjustment procedure, since the regression for the canonical variable of the discriminant function analysis against total length ($r^2 = 0.00, P = 0.37$) was not significant.

These results show significant gill raker and morphological differences between yellowfin of these two areas, which suggests separate biological groups. The results of the yellowfin morphometrics analysis for fish from the eastern Pacific (IATTC Annual Report for 1987) are in agreement with these findings.

Otolith studies

The results of mark-recapture experiments initiated in 1976 and 1980 demonstrated that the average rate of increment (I) deposition on skipjack otoliths (sagittae) was less than one per day (d). Males and females appeared to be affected equally, *i.e.*, $0.87 I/d$ ($n = 16$) and $0.80 I/d$ ($n = 25$), respectively. It is not clear whether the departure from the expected rate of one I/d is peculiar to this species in the eastern Pacific or due to the techniques used to observe and count the increments. The number of increments increased significantly on some otoliths when counting sites on the sagitta, other than on the distal surface of the anterior projection, were used. This result suggested the possibility that some increments were too small to be seen with a light microscope, but might be revealed by the increased magnification of a scanning electron microscope (SEM). To test this idea, counts obtained with a light microscope (1200x) at various sites on the surface of 13 otoliths were compared to those made with a SEM (3000–3500x) on frontal sections of the same sites. The variance of the difference in counts between the two methods was too great to detect a difference between the two methods. However, the magnitude and sign of the range of differences, -11 to $+6$ increments, indicates that neither method is consistently accurate. These results suggest that further research is needed to optimize a counting method for increments on skipjack otoliths.

Reproductive biology of yellowfin

Knowledge of the reproductive biology of yellowfin tuna is important for understanding of the population dynamics of this species. Various aspects of the reproductive biology of yellowfin, including times and locations of spawning, size and age at maturity, and spawning frequency, are still not well understood. There is also a need to determine whether there is diversity with respect to reproductive characteristics of fish in different parts of the eastern Pacific. Research on yellowfin reproductive biology should contribute to an understanding of the link between spawning and recruitment and make it possible to evaluate the effect of fishing on the reproductive potential of the population.

In September 1987 a large-scale sampling program to obtain information on size-specific reproductive characteristics of yellowfin throughout the eastern Pacific was initiated. The objectives are to: (1) classify by reproductive status the yellowfin of both sexes and of all sizes, at all times of year in all areas, in order to define with precision the duration, peak intensity, and locations of spawning; (2) determine the lengths and ages of yellowfin at sexual maturity, and establish predictive regression equations for the proportions mature within areas; (3) determine the spawning frequencies of yellowfin of both sexes; (4) determine the batch fecundity of yellowfin at various lengths within areas and estimate the annual fecundity within areas; (5) establish the relationships between the timing of yellowfin spawning and climatic and oceanic phenomena, by area.

This program is designed to obtain samples of gonads at sea from males and females by length class-month-area strata. The length class intervals range from 50 to 150 cm in 10-cm intervals. The area strata are: north of 20°N; 10°N–20°N; 0°–10°N; and south of 0°. Scientific technicians of the IATTC who are aboard purse seiners to collect data on dolphins have also been collecting gonad samples, and will continue to do so until at least October 1989. Sampling at sea is necessary for histological analysis of yellowfin gonads because the tissue must be put into a fixative before the fish is frozen. Because it is expected that only small numbers of samples from fish caught in the northern area will be obtained from the at-sea sampling, gonad samples from fish captured north of 17°N will be collected from fish at the time of unloading or processing in Ensenada, Mexico, and Terminal Island, California. The reproductive status of these fish will be assessed by using gonosomatic indices (ratios of gonad weight to estimated fish weight) for males and females and oocyte diameter measurements for females. The cooperation of managing owners and captains of purse-seine vessels and of managers of canneries is critical to the success of this program, and so far it has been excellent.

Gonads from a total of 10,986 fish had been collected by the end of 1988. The length-frequency distributions of the fish from which samples were collected during 1988, by 10-degree areas and quarters of the year, are shown in Figure 26. It can be seen that the coverage was reasonably complete for all length class, quarter, and area strata.

Histological slides have been prepared for the fresh samples collected during September 1987–September 1988. Processing of the data and frozen gonad samples collected from Area 1 during the same time period was also underway during 1988.

Bluefin studies

It was mentioned in the section entitled *Size composition of the catch* that record-size bluefin were caught off Southern California during November and December. IATTC employees measured and weighed many of these fish, collected their gonads and stomach contents, and took samples of their hard parts for possible age determinations.

Mr. Yoshio Ishizuka of the Far Seas Fisheries Research Laboratory (FSFRL), Shimizu, Japan, spent several months in La Jolla working on bluefin data. He worked with an IATTC staff member on data for bluefin tagged in both the eastern and western Pacific. They made some preliminary estimates of the growth and mortality rates and prepared a preliminary description of the move-

ments of the fish. He also spent some time summarizing catch and length-frequency data for the western Pacific and estimating the catches of fish of each year class in each year of the 1966–1986 period. Unfortunately, the data for the younger, smaller fish are incomplete.

Bluefin were tagged in the eastern Pacific in 1958 and 1979–1980 by the IATTC staff and in 1962–1968 by the U.S. Bureau of Commercial Fisheries, the California Department of Fish and Game (CDFG), and the Mission Bay Research Foundation. These data are summarized in Table 14. Analysis of the data for the fish recaptured in the eastern Pacific indicate seasonal north-south movement, with the fish being furthest north during July–October and furthest south during May–June. Ten returns from the western Pacific have been obtained, all from fish which were at liberty more than 22 months.

Tagging of bluefin in the western Pacific was carried out by IATTC employees who were stationed in Japan intermittently during 1980–1982 and by employees of the FSFRL during 1980–1988. The returns to date are summarized in Table 15.

Within the western Pacific there seems to be a northerly movement of fish near the large islands of Kyushu, Shikoku, and Honshu in the spring and early summer. In addition, the fish tend to move gradually offshore to the east of Honshu, where they are caught by purse seiners, as they grow older. There have been no offshore recaptures of tagged fish during October–April. This could be due to inshore movement of the fish, but it seems more likely to be due to lack of offshore fishing effort during the winter. There is considerable exchange of fish between the Sea of Japan and the area to the west of Kyushu, Shikoku, Honshu, and Hokkaido.

Tags from six fish released in the western Pacific have been returned after the fish were recaptured in the mid-Pacific (Table 16). Five age-0+ fish released during August–December 1981 were recaptured during May–June 1982, after 201–304 days at liberty. One age-0+ fish released in March 1980 was recaptured in November 1982, after 991 days at liberty. The last fish may have visited the eastern Pacific and been caught on the return trip to the western Pacific.

Tags from 133 fish released in the western Pacific have been returned after the fish were recaptured in coastal waters of the eastern Pacific (Table 15). There were 35 returns from fish released off southeastern Honshu during July and August. Of these, 33 were recaptured during the year after hatching and 2 during the following year. There were 94 returns from fish released off southern Japan during November–April. Of these, 16 were recaptured during the year after hatching, 77 during the following year, and 1 during the year after that. There were 3 returns from fish released in the Sea of Japan and 1 from fish released at Hokkaido, all 2 years after the year of hatching. All of the fish were in their first year of life when released except for the one released at Hokkaido, which was in its second year of life. From this it appears that some fish begin their migration from west to east in the fall or winter of their first year of life, and others begin that migration in the spring, summer, or fall of their second year of life. It is possible that other fish migrate from the western to the eastern Pacific later in life, but there is no information concerning this from tagging because few tagged fish greater than about 1 year of age have been released in the western Pacific.

There could be one population or several subpopulations of bluefin in the Pacific Ocean. Among the possibilities, if the latter is the case, is one subpopulation which remains in the western Pacific and one which migrates to the eastern Pacific. If there is one population the poor catches in the eastern Pacific in recent years (Table 1) could be due to oceanographic conditions which determine what proportion of the population migrates to the eastern Pacific. If there are separate migrant and non-migrant subpopulations the poor catches could be due to overfishing of the migrant subpopulation. The tagging data can be used to examine these possibilities.

It can be seen in Table 15 that only the 1981 year class contributed significant numbers of

returns from the eastern Pacific fishery during Year 1 (the calendar year following the year of hatching). It can also be seen that for Year 2 nearly half the returns for the 1979 year class and more than half of those for the 1983 and 1984 year classes were from fish caught in the eastern Pacific. This information suggests that the proportion of 1-year-old fish which migrated to the eastern Pacific was greatest for the 1981 year class and that the proportions of 2-year-old fish which migrated to the eastern Pacific were greatest for the 1983 and 1984 year classes, intermediate for the 1979 year class, and least for the 1980, 1981, 1982, and 1985 year classes.

A large proportion of the catch of bluefin in the eastern Pacific in 1982 consisted of smaller fish, probably mostly 1-year-olds, with a mode at 66 cm (IATTC Annual Report for 1987: Figure 16). This is consistent with the evidence from tagging (Table 15) that a large proportion of the fish of the 1981 year class appeared in the eastern Pacific as 1-year-olds in 1982. The catch of bluefin in the eastern Pacific was poor in 1983 (Table 1), however, perhaps because the fish of the 1981 year class experienced heavy mortalities in the eastern Pacific in 1982 or mostly began their return trip to the western Pacific before the start of the 1983 season.

The greatest catches of bluefin in the eastern Pacific in recent years were those of 1985 and 1986 (Table 1), and the catches in those years consisted mostly of fish between about 70 and 90 cm in length (IATTC Annual Report for 1987: Figure 16). These are believed to have been mostly 2-year-olds, *i.e.* 1983-year-class fish in 1985 and 1984-year-class fish in 1986. This is consistent with the evidence from tagging (Table 15) that large proportions of the fish of the 1983 and 1984 year classes appeared in the eastern Pacific as 2-year-olds in 1985 and 1986.

If it were certain that the fish which were tagged in the western Pacific were selected randomly it would be concluded that greater proportions of the 2-year-olds of the 1983 and 1984 year classes migrated to the eastern Pacific, and this resulted in greater catches of bluefin in the eastern Pacific in 1985 and 1986. It is possible, however, that there are separate non-migrant and migrant subpopulations, and that greater proportions of the migrant subpopulation were selected for tagging during the first year of life of the 1979, 1983, and 1984 year classes. Thus the relatively high proportion of eastern Pacific returns for the 1979 year class, even though the catch in the eastern Pacific in 1981 was poor, might have been the result of a heavy concentration of tagging effort on a relatively small subpopulation of migrants. Table 16 has been prepared to examine this possibility for both 1-year-olds and 2-year-olds. For the 1-year-olds it appears that the proportions of migrants were high for the 1981 year class and low for the other year classes, regardless of the areas or months of release of the fish. For the 2-year-olds it can be seen that fish of the 1980–1982 and 1985 year classes released during December and January tended to be non-migrants and those of the 1983 and 1984 year classes released during December and January tended to be migrants. Fish of all year classes released during August–November tended to be non-migrants, but there are only 10 returns of these from the 1983 and 1984 year classes, and all of these fish were released at Shimane in the Sea of Japan. These fish would seem to be less likely than any others, because of the physical barriers, to migrate to the eastern Pacific. These data do not offer much support for the subpopulation hypothesis. They indicate that for the 1-year-olds the tendency to migrate to the eastern Pacific was strong for the 1981 year class and much weaker for all the others, and that for the 2-year-olds the tendency to migrate was strongest for the fish of the 1983 and 1984 year classes, intermediate for those of the 1979 year class, and weakest for those of the 1980–1982 and 1985 year classes.

The catch and age composition data for the western Pacific assembled by Mr. Izhizuka and catch data for the eastern Pacific (Table 1) were used to make the following comparisons: (a) total catch in the eastern Pacific *versus* catch of age-0+ fish in the western Pacific 1 year earlier; (b) total catch in the eastern Pacific *versus* catch of age-0+ fish in the western Pacific 2 years earlier; (c) total catch in the eastern Pacific *versus* catch of age-1+ fish in the western Pacific in the same year; (d) total catch in the eastern Pacific *versus* catch of age-2+ fish in the western Pacific in the same year.

These are shown in Figure 27. The first two comparisons were made because it seemed reasonable that, if (i) the catch of age-0 + fish is a good index of recruitment, (ii) approximately equal proportions of the fish of each year class cross the Pacific each year, and (iii) most of the weight of fish caught in the eastern Pacific consists of age-1 + (Figure 27a) or -2 + (Figure 27b) fish, the two variables would be positively correlated. There appears to be little or no correlation in either case, so it appears that at least one of these assumptions is not satisfied. (Information presented above suggests that Assumption ii is not satisfied.) The third and fourth comparisons were made to determine if the catches of fish of the same year class are correlated, assuming that the fish caught in the eastern Pacific are mostly age 1 + (Figure 27c) or age 2 + (Figure 27d). If the recruitment varies considerably and the proportion of migrants to non-migrants is relatively constant there should be a positive correlation between the catches in the two areas. If the recruitment is relatively constant and the proportion of migrants to non-migrants varies considerably there should be a negative correlation. There appears to be little or no correlation in Figure 27c, and a negative correlation in Figure 27d. The lack of correlation in Figure 27c is probably due to the low incidence of age 1 + fish, relative to that of age-2 + fish, in the eastern Pacific catches. This is indicated by the fact that greater numbers of tagged age-2 + fish (83) than age-1 + fish (49) were caught in the eastern Pacific (Table 15). Since the age-2 + fish are larger, the proportion by weight of age-2 + fish in the catch is considerably greater than that of age-1 + fish. The negative correlation in Figure 27d is statistically significant, indicating that variation in the proportions of fish which cross the ocean from the western to the eastern Pacific is an important contributor to the variation in the catches of bluefin in the eastern Pacific.

In general, the results of the analysis of the catch-at-age data tend to support the tentative conclusion from the studies of the tagging data that variations in the proportions of western Pacific fish which migrate to the eastern Pacific are at least partly responsible for variations in catches in the eastern Pacific.

It has been observed that tagged Atlantic bluefin which had been recaptured great distances from the locations of release shortly after release were much leaner than most other bluefin caught in the same area-time strata. It has also been observed that bluefin which cross the Pacific from west to east grow more slowly in length than those which remain in the western Pacific (IATTC Annual Report for 1982: 36). The length frequencies of fish caught in the eastern Pacific show irregular patterns (IATTC Bulletin, Vol. 18, No. 2: Figures 5 and 6) which make it impossible to assign ages to a considerable portion of the fish from their lengths with any degree of confidence. This could be due to recruitment of slow-growing fish of different ages from the western Pacific at irregular intervals. Since fish which have recently moved great distances in the Atlantic appear to be leaner than those which have not, it was reasoned that the recent immigrants to the eastern Pacific might be leaner than those which had been there longer. If that is true it might be possible to distinguish the two types of fish by their condition factors (ratio of weight to cube of length). The CDFG collected large amounts of length-weight data for bluefin during 1963–1971 and 1974. Most of the fish sampled during 1963–1970 had had ages assigned to them from scale samples. These data were made available to the IATTC by Messrs. Doyle A. Hanan of the CDFG and Atilio L. Coan of the U.S. National Marine Fisheries Service (NMFS). The condition factors of these fish were calculated by the formula

$$K = (w \times 10,000)/l^3$$

where K = condition factor, w = weight in pounds, and l = length (tip of snout to fork of tail) in centimeters. The 1963–1970 data were sorted by year and month of capture and age of the fish, and those for 1971 and 1974 were sorted by year and month only. Then frequency distributions of the K values were prepared. These distributions were unimodal, unfortunately, so it is apparently not possible to distinguish the fish of these two types by their condition factors.

ACHOTINES LABORATORY

For many years fisheries scientists have believed that year-class strength is determined principally during the early life history (egg, larval, and/or early juvenile) stages. Little is known about the early life histories of tunas because the larvae and early juveniles are relatively inaccessible to scientists. In the eastern Pacific Ocean fishermen seldom catch juveniles of less than about 30 cm in length. Shipboard larval surveys are costly and not suited for detailed studies of physiology and growth. These considerations motivated the IATTC to establish a research center at Achotines Bay in the Republic of Panama, a site located less than 10 km (5 nm) from year-round tuna spawning grounds (Figure 28).

Laboratory and field studies of growth and mortality aimed at gaining insight into the recruitment process and the factors that affect it are of primary importance in the IATTC's early life history research agenda. Most of the studies described in this report were conducted on black skipjack tuna, *Euthynnus lineatus*, because it survives well in captivity and is one of the most frequently-caught scombrids attracted to a bright underwater light at night (nightlighting). Although black skipjack are not very important commercially at present, their biological similarity to other species of tunas makes them valuable subjects for study.

Laboratory experiments on tunas depend on holding delicate young fish for lengthy periods in aquaria. Late larval or early juvenile scombrids have been captured in all months of the year, but not in all months of all years, since the inception of routine sampling in 1984. The following species have been held in the laboratory with varying degrees of success: yellowfin and/or bigeye tuna, black skipjack tuna, frigate and/or bullet tuna (*Auxis thazard* and/or *A. rochei*), sierra (*Scomberomorus sierra*), chub mackerel (*Scomber japonicus*), and Indo-Pacific bonito (*Sarda orientalis*). (Yellowfin and bigeye cannot be distinguished from one another at this stage by morphological, meristic, osteological, or pigmentation characters; the IATTC Annual Report for 1987 includes a description of identification by electrophoretic means.) More yellowfin and/or bigeye late larvae and early juveniles were captured in 1988 than in 1987, when the first such captures were recorded. Only a few were caught, as expected, because sampling effort was concentrated close to shore near the 100-fathom (183-m) isobath. Several Indo-Pacific bonito, a member of the Sardini tribe which is rare in the ichthyoplankton samples off Achotines, were captured and held in the laboratory during 1988. They grew at the greatest rates yet measured among the captive scombrids at the Achotines Laboratory, 5.5 mm in total length (tip of snout to tips of longest caudal rays) per day. Especially large numbers of scombrids were captured toward the end of 1988. A staff scientist at the Achotines Laboratory has discovered an apparent larval concentrating mechanism created by an eddy in the lee of the island, Frailes del Sur, at times when the current and wind have a mild onshore or easterly set. Up to 455 individuals were collected, using a technique designed to capitalize on this phenomenon, in only about 1/2 hour of sampling effort.

Except for 10 black skipjack held in shipboard aquaria by Clemens (1956, Calif. Fish Game, 42 (1): 69-79), the research at the Achotines Laboratory is the first in which late larval or early juvenile tunas have been collected in the wild and reared in captivity for experimental purposes. (A few other workers have reared tunas in captivity from eggs or from large juveniles or adults.) Progress has been made in developing techniques for handling and maintaining live tunas in the laboratory. Since 1986, three black skipjack have survived in excess of 130 days. The longest-lived specimen survived in captivity for 167 days, and attained a total length of 307 mm and a weight of 336 g. It was sacrificed when it ceased feeding due to eye infections which impaired its vision. To our knowledge, 167 days is the longest time any scombrid has been held in captivity beginning at an early life stage.

Histological analysis of nutritional state

Dr. Daniel Margulies, a specialist in the study of fish larvae, was hired on a short-term basis to examine the nutritional condition of larval and early juvenile scombrids collected in coastal waters off the Azuero Peninsula (Figure 28). The number of young fish that are recruited to a population of fish of exploitable size is largely determined by the proportion of the larvae that avoid starvation and predation, the two principal causes of larval mortality. An important contribution to understanding the recruitment process would be gained by determining the relative importance of starvation and predation during pre-recruit life stages. In previous studies of other fishes, histological analysis of body tissues has provided an indication of food deprivation during the early feeding stages when the fish are especially susceptible to starvation. Food deprivation results in characteristic cellular degeneration in certain body tissues, particularly the pancreas, liver, and gut. Elevated temperature hastens the onset of cellular degeneration caused by malnourishment, so tropical scombrids may be particularly vulnerable to starvation.

A total of 82 plankton samples was collected with a 1-m (39-inch) ring net with 333- μ m mesh during the day and at night, at the surface and at depths of 5, 10, and 15 m (16, 33, and 49 feet). The day tows made below the surface produced greater numbers of first-feeding scombrid larvae than did the day tows made at the surface. Of the 82 samples, 45 (55 percent) contained scombrid larvae, including black skipjack, bullet and/or frigate tuna, and sierra. These larvae were being processed for histological sectioning at the end of the year. Older larvae and early juveniles 10 to 25 mm in length were also collected by nightlighting and fixed immediately for histological analyses.

Growth during early life history stages

Growth in captivity

An analysis was completed of the growth experiments conducted at the Achotines Laboratory on black skipjack held in captivity from October 1986 through April 1988. Laboratory studies of growth under controlled ration and physical conditions are important in light of evidence in other fishes that natural variability in growth rates can affect the duration of the early life stages, potentially resulting in large changes in survival of the larvae and in subsequent recruitment.

Late larval and early juvenile black skipjack were captured by nightlighting and held in the laboratory in 473-l (125-gallon) fiberglass tanks and 2,778-, 19,684-, and 39,368-l (734-, 5,200-, and 10,400-gallon) plastic-lined pools. They were fed to satiation several times daily with wild zooplankton (predominantly copepods), whole molly fry (*Poecilia latipinna* and *Poeciliopsis tur-rubarensis*), and several species of chopped fish. Because black skipjack are too delicate to measure alive, the initial standard lengths (tip of snout to posterior end of hypural plate) of those held for growth experiments were estimated by visually comparing them with a ruler held near the tank and adjusting for the magnifying effect of the water. The weights were estimated from the lengths, using a weight-length relationship (Figure 29) derived from 184 fish measured (standard length to the nearest 0.1 mm) and weighed (round wet weight to the nearest 0.001 g) soon after capture. The standard lengths and weights at the end of the growth experiments were measured to the nearest 0.1 mm and 0.1 g, respectively. The experiments were terminated when the fish died from some accidental cause or were near death.

Of the 212 larval or early juvenile black skipjack that were captured and transferred to the laboratory during the study period, 79 (37.3 percent) survived handling and lived more than 48 hours. The sampling dates, numbers caught, and other information are given in Table 17. Young black skipjack were caught during 16 of the 18 months with sampling effort. The greatest catches were made during November and December 1986, December 1987, and January 1988. No nightlight-

ing took place during January 1987 due to poor weather conditions. Thirty-nine specimens were held for laboratory growth experiments.

The growth in standard length appeared to follow a curvilinear relationship with time in captivity (Figure 30a). The data were not fitted to derive predictive growth equations because, although the fish were fed to satiation, they were not fed a constant ration, a requirement for comparing growth among individuals. The average growth rate in length of each fish over the duration of captivity (Figure 30b) was expressed by $\Delta SL/\Delta d$, where ΔSL = growth in standard length (mm) during captivity and Δd = days in captivity. The greatest rates of growth in length were attained during the first month in captivity. After about 4 weeks, the fish had progressively lesser growth rates. Fish from experiments which terminated during the first 15 days of captivity had extremely variable growth rates, from 1.0 to 4.8 mm per day. This variability may have been due in part to the stress of captivity. After 15 days, there was a significant negative correlation between growth rate and days in captivity (Pearson product-moment correlation coefficient, $r = -0.887$, $n = 22$, $P < 0.001$). All the fish that survived between 15 and 50 days grew rapidly, 3.2–4.8 mm per day. After about 50 days in captivity the average growth rates in length declined drastically.

The growth in weight, like the growth in length, appeared to follow a curvilinear relationship with time in captivity (Figure 30c). Although the data are sparse, they suggest a sigmoid distribution. The rate of weight gain during the first 30 days was low, it increased dramatically between about 30 and 70 days, and then it appeared to taper off after 70 days. The average weight increase per day of each fish over the duration of captivity (Figure 30d) was calculated using the data in Figure 30c and the estimated standard length at capture converted to weight. The growth rates in weight are expressed by $\Delta W/\Delta d$, where ΔW = growth in weight (g) during captivity and Δd = days in captivity. While the greatest and most variable growth rates in length took place during the first 30 days, the rates of increase in weight during that period were less than those for fish held longer. The greatest average growth rates in weight were recorded for fish surviving about 60–73 days ($n = 3$). After that time the average daily weight increases appeared to decline drastically, although there are few data ($n = 4$).

The sea-surface temperatures during each sampling trip are shown in Figure 31. The data show a gradual decline in temperatures commencing in November or December, reaching lows of about 23° to 25°C in March, followed by gradual warming to maximum stable temperatures of about 28° to 29°C from April or May until October or November. Black skipjack spanning the entire size range encountered (7.1–18.4 mm) were taken when the temperature ranged between 28.0° and 29.0°C. Only smaller individuals (7.7–12.2 mm) were caught when the sea-surface temperatures were below 27.0°, but the sample size was low ($n = 4$). Neither the growth rates nor the final size attained in captivity were significantly correlated with the mean water temperature in the aquaria over the course of the experiments.

This study revealed some interesting aspects of the growth of young tunas. Black skipjack are capable of growing rapidly, but at variable rates, when food is plentiful. These observations suggest a large scope for growth, or growth potential, an advantageous characteristic for fish that spend their early life stages in the epipelagic zone where predation risk is great. A large scope for growth, when food is abundant, permits rapid growth and an earlier transition to piscivorous feeding and formation of schools.

A preliminary laboratory growth experiment of a second type was conducted during July on early juvenile black skipjack. Ten fish, 12–15 mm in standard length, were fed copepods in concentrations of 40–50 copepods per liter for 7 days. The average growth rates were 1.65 mm per day and 34 percent per day in dry weight. These data suggest that larval black skipjack have high growth potential at average zooplankton concentrations. Comparing these growth rates with those shown in Figure 29 for fish fed maximum rations provides further support to the hypothesis that maximum growth potential is several times the growth potential when the fish eat average rations.

Otolith studies

Work was begun by the staff of the La Jolla laboratory in 1988 to study the age and growth of late larval and early juvenile black skipjack in nature by examining their otoliths. Samples were collected near Achotines by nightlighting (Table 17), primarily for rearing experiments. Many of the individuals that died in the process of capture and transfer to the laboratory were placed in buffered ethyl alcohol to preserve their otoliths. The increments on the otoliths of young black skipjack are difficult to interpret in the region of rapid growth adjacent to the primordium. Therefore, preliminary work was necessary to develop criteria to identify reliably and count the increments at the distal surface of the sagitta using light microscopy. Two methods were used for this purpose: (1) counts, with a light microscope, on the surface of one member of a pair of sagittae, and (2) counts, with a scanning electron microscope (SEM), on an etched frontal section of the other member. If the increments on the whole otolith were difficult to interpret, the distal surface was polished before using the light microscope. Photographs of etched sections of the otoliths taken under an SEM at high magnification ($>1500\times$) provide images of increments at the surface of a plane (Figure 32). This procedure eliminates the depth of field and parallax problems often associated with a partially-transparent object under light microscopy. A Wilcoxon paired-sample test was used to compare the counts from both techniques. The test indicated no significant difference between the two methods ($T_{+(0.05,8)} = 14$, $T_{-(0.05,8)} = 22$, $P < 0.5$). Although the sample size was small, the SEM work confirms that the interpretation of otolith increments in whole-surface preparations, the method of choice for routine examination of age and growth, is reliable.

Several sagittae from adult black skipjack were etched in the primordium region and examined to develop and reinforce criteria for identifying increments in the rapid-growth zone of the otoliths of young fish. Sagittae from both life stages showed a similar increment growth pattern. The first 9 increments were easily recognized and counted (Figure 33). After the 9th increment, they became difficult to interpret, and the spacing became inconsistent (Figure 34). Consistent spacing and well-defined increments resumed after approximately the 25th increment. The examination of sagittae from adult black skipjack confirmed that the difficulty in counting the increments in this region was not an artifact of working with very thin otoliths under light microscopy.

Preliminary information on the periodicity of otolith increment formation in young black skipjack was obtained from fish held in captivity. Two experiments were conducted to obtain information necessary for testing the hypothesis that growth increments in the otoliths of young tunas are deposited at a rate of one per day (the "1:1 hypothesis"). This information is essential for evaluating the age and growth of young tunas in nature. Previous methods of increment validation used by the IATTC staff involved tagging post-recruit yellowfin, skipjack, and bluefin, injecting a tetracycline solution into their musculature, and returning them to the ocean. The tetracycline is incorporated in the growth zone of the otolith while the fish is at liberty. When a tagged fish is recaptured, the otoliths are removed, and the sagittae are viewed under a microscope with ultraviolet light. The increment formed on the day the fish was tagged appears as a fluorescent mark, and the number of increments formed outside that mark can be compared with the days at liberty to evaluate the 1:1 hypothesis (see IATTC Bulletin, Vol. 17, No. 7). As it is impossible to inject tetracycline into very small fish, tetracycline and a second fluorochrome, calcein, were added to the water in the laboratory tanks in which young fish were held. The first two immersion experiments were designed to determine the appropriate concentrations and exposure times required to form a visible mark on the otoliths. In the tetracycline experiment, fish were exposed to a concentration of 213 mg per liter for 13 hours, and followed 6 days later by a second exposure to the same concentration for 6 hours. In the calcein experiment the fish were exposed to 57 mg per liter for 14 hours, and 6 days later were exposed to 100 mg per liter for 4 hours. The initial mortality was greater in the tetracycline experiment than in the calcein experiment.

Otoliths were removed from the experimental fish and examined microscopically for either a characteristic yellow tetracycline or green calcein mark under ultraviolet light from a 200-watt mercury burner. The sagittae were prepared in several ways (whole, sectioned, and polished) in an effort to find the most suitable method for optimal viewing of the marks. The lapilli from one tetracycline- and one calcein-marked individual exhibited bright marks from both treatments, but only counts from the sagittae were used in the subsequent analysis. Sagittae from two of the five fish which survived in the calcein solution for more than 1 day had faint marks from the first immersion, and the others had none at all. The number of increments from the tetracycline or calcein mark(s) to the otolith edge were counted on three fish. Two of the three were immersed twice and exhibited double marks. Although the sample size was small ($n = 5$) and the results from the calcein experiment were variable, the preliminary data show that fish measuring 13–18 mm in standard length deposit daily increments in captivity. The following equation describes the relationship between increments formed (I) and elapsed time (days; D) from marking to termination of the experiment:

$$I = 0.370 + 0.975D$$

The slope did not differ significantly from 1.0 ($t_{0.05,4} = 0.51$, $P > 0.50$). Three more immersion experiments were conducted, using tetracycline solutions of 100 mg per liter for 11 hours, and 160 and 200 mg per liter for 12 hours each. The otoliths from those fish have not yet been examined. Further immersion experiments are planned, using higher concentrations and longer exposure times.

The effect of diet on survival in the laboratory

Pursuant to the IATTC staff's objective of improving the survival of young tunas in the laboratory for research purposes, preliminary experiments were conducted to test the effect on black skipjack survival rate of three diets, (A) brine shrimp, *Artemia salina*, only, (B) wild-caught plankton only, and (C) a brine shrimp and wild plankton mixture, and to determine if the initial diet affected the fish's ability to switch to a diet of fish. After the initial mortality associated with the capture of 113 black skipjack by nightlighting took place, 25 of them, 8 to 15 mm in total length, were placed in each of three 473-l (125-gallon) fiberglass tanks. Plankton and/or brine shrimp were added for 4 days in concentrations ranging from 105 to 267 animals per liter. Fresh wild plankton was collected twice each day, and 0- to 16-hour post-hatch brine shrimp were cultured daily. Weaning from the test diets to partially- or totally-immobilized molly fry (*Poecilia latipinna* and/or *Poeciliopsis turrubarensis*) was initiated on Day 5 of the experiment.

The mortality was greatest during the first 60 hours after capture. The highest initial mortality occurred for the fish given Diet B (84 percent). The fish fed Diets A and C had much lower mortality rates (47 percent each). From 60 to 180 hours after capture there was little mortality for the fish given any of the three diets. Weaning the fish fed Diet A to molly fry was not successful, while the fish from the other two treatments readily accepted the mollies. Within 1 day, 100 percent of the fish fed Diet B and 77 percent of those fed Diet C were eating mollies. After 4 days only 8 percent of the fish fed Diet A were accepting the mollies. There was high mortality for the fish fed Diet A during the last 40 hours, between the 180th and 220th hours, of the experiment.

Of the three diets tested, Diet C seemed to give the best results because the test fish displayed a high initial survival rate and had little problem switching to a diet of mollies. Wild plankton may provide essential nutritional components which brine shrimp lack, and which are important for the development of key sensory organs used for detecting and capturing prey. Conditioning to a wide variety of food types available in the wild plankton may be important for recognizing alternative prey. Further experiments will be conducted during 1989.

Field studies of larvae and the environment

The IATTC's research at the Achotines Laboratory involves mutually supportive studies of the early life histories of tunas, using a combination of laboratory and field studies. To date, most of the work has been concentrated in the laboratory. The research program is being amplified, however, with the initiation of studies of the local environment inhabited by larval and juvenile tunas near the Achotines Laboratory in parallel with field studies to measure the responses of larval tunas to the physical, chemical, and biological processes in their environment. This requires long-term, systematic monitoring of key environmental variables and the capacity for interactive field experiments.

Dr. Robert Owen, an oceanographer working under contract with the IATTC, has designed a pilot program to define the environment of larval tunas on the continental shelf, slope, and basin off the Azuero Peninsula (Figure 28). This will provide a basis for establishing the optimum frequency, extent, and pattern of observations needed for long-term monitoring of the environmental variation. Concurrent sampling of the environment and of scombrid larvae with bongo nets will supply data on the seasonality of spawning in the region and the relationships between oceanographic and meteorological variability and the abundance, diet, growth, and mortality of the early life history stages. Dr. Owen's report lists the important environmental parameters, recommends methods and instruments for measuring them, and specifies the frequency, duration, and spatial pattern(s) for sampling the environment and the larvae. The surveys are designed to determine the influence of the continental shelf and slope on water transport, the pycnocline depth and gradient, the influence of wind and tidal phase on transport and upwelling, and the resultant biological production.

Progress made through the end of 1988 toward implementing the program included acquisition, preparation, and field testing of oceanographic equipment and developing a data base management system for the oceanographic and ichthyoplankton data.

Muscle and heat exchanger development

Black skipjack are classified in the tribe Thunnini (tunas) of the family Scombridae. The Thunnini are unique among bony fishes in possessing countercurrent heat exchangers (*retia mirabilia*) in the circulatory system which conserve metabolic heat and enable the fish to maintain body temperatures warmer than the surrounding water. Dr. Kathryn Dickson, a member of the faculty of California State University at Fullerton and a specialist in fish physiology, spent 6 weeks at the Achotines Laboratory, during which time she made some preliminary studies on muscle and heat exchanger development in young scombrids. Dr. Dickson is interested in determining how the heat exchangers develop in tunas, and at what stage in the tunas' ontogeny they become functional and allow the body temperatures to be elevated (endothermy). She would also like to determine how the muscles, particularly the internalized red muscle fibers used in routine sustained swimming, differentiate during a fish's development and how linkages between the muscles, tendons, and skeleton are established. Answers to these questions contribute to understanding the early life history of tunas. Many metabolic costs, such as increases in heart rate and heat production rate, are associated with endothermy. The ability to elevate muscle temperatures has important implications on the amount of energy needed to swim rapidly to escape predators and catch prey. Energetics demands, in turn, determine the amount of food a fish needs to eat and may greatly affect the fish's risk of starvation. Therefore, the developmental stage in which a tuna acquires the ability to elevate muscle temperatures is important because there may be an adaptive advantage for a tuna to delay differentiation of the heat exchangers or to defer their function until after energetically critical periods in their development, perhaps at larval or early juvenile stages. Similarly, the stage in which red muscle fibers develop well below the body surface, which Dr. Dickson hypothesizes to be an important factor in the great swimming abilities of tunas, is likely to be related to predator avoidance and prey capture.

Dr. Dickson and Achotines staff members raised black skipjack captured by nightlighting at lengths of 10 to 20 mm to various sizes in the laboratory. Larger specimens were obtained by trolling feathered jigs from a boat at sea. Thermocouples were inserted into the fishes' bodies to measure the maximal muscle temperatures (T_m) and ambient water temperatures (T_a), and T_x values ($T_m - T_a$) were calculated. For 14 fish 15.5 to 114.7 mm in length the mean maximal T_x value was 0.9°C, with a standard deviation of 0.8°C. The largest laboratory-reared fish, measuring 279 mm, had a significantly elevated T_m ($T_x = 3.8^\circ\text{C}$). Ten fish caught at sea ranging from 319 to 543 mm had maximal T_x values of 4.0 to 7.0°C. These data suggest that black skipjack acquire the ability to elevate their deep-muscle temperatures significantly when they reach a length somewhere between about 115 and 279 mm.

Snapper resource studies

The IATTC staff is conducting a cooperative project with scientists from Panama's Dirección General de Recursos Marinos (DGRM) to study some commercially-important coastal fishes in the Los Santos Province of Panama. The purpose of the project is to provide some fundamental information on the biology and potential catches of these species. Recent industrialization, principally through improved processing and export of catches, and the possible entry of larger commercial vessels into the fishery make estimates of the potential yields desirable. A sampling program was implemented in 1986 to survey and assess the resources of snappers, family Lutjanidae, and other coastal fishes. Catch, effort, length, and weight data are being collected daily by a DGRM biologist. These basic data will provide information on species composition, size composition, condition factors, catch *versus* effort using alternative gear configurations, and seasonal variability of the above. The fishery lands primarily *Lutjanus jordanii*. Other species caught in smaller quantities include *L. guttatus*, *L. argentiventris*, *L. novemfasciatus*, *Hoplopagrus g  ntheri*, *Rabirubia inermis*, and *Epinephelus* sp.

OCEANOGRAPHY AND TUNA ECOLOGY

Anti-El Niño conditions in the eastern tropical Pacific

An anti-El Niño is the antithesis of an El Niño. In the eastern tropical Pacific (ETP) an anti-El Niño is preceded by intensification of the atmospheric high-pressure system, which causes the surface trade winds to become stronger than normal. The stronger winds strengthen the surface ocean currents and increase vertical mixing and upwelling of cooler, nutrient-rich water along the equator and in the coastal regions of Mexico and Central and South America. An anti-El Niño is also characterized by thermoclines which are closer than normal to the ocean surface, and below-normal sea levels. The development of an anti-El Niño usually follows the termination of an El Niño.

Strong anti-El Niño conditions, however, do not necessarily follow intense El Niño episodes. For example, the extremely intense and widespread El Niño of 1982–1983 (see IATTC Annual Report for 1985) was followed by an anti-El Niño of only moderate intensity during 1984 and 1985 (see IATTC Annual Reports for those years). At the peak of the cooling period the negative sea-surface temperature (SST) anomalies (departures of monthly mean SSTs from long-term means) did not exceed 2°C. In contrast, following the weak 1987 El Niño, which was limited primarily to equatorial waters south of 5°N (see IATTC Annual Report for 1987), a strong anti-El Niño developed by mid-1988.

During the first quarter of 1988, as the austral summer was ending, the SSTs were changing at rates which were below normal along the equator and off the coasts of Ecuador and Peru. As a result, negative SST anomalies began appearing in the equatorial region from 5°N to 5°S east of

150°W for the first time in many months. This was an early indication that upwelling was once again becoming established along the equator and in coastal areas of southern Peru following the El Niño of 1987. At Manta, Ecuador, located at 1°S, the SSTs were above normal through February 1988, decreased to below normal in March 1988, increased to above normal in April–May, and then decreased again, remaining below normal from June to December (Figure 35). At Paita, Peru, located at 5°S, the negative anomalies were greater, and the SSTs were below normal throughout 1988. In contrast, during the El Niño of 1987 the SSTs were above normal at Manta, Paita, and other coastal stations of Ecuador and Peru. The SSTs were generally below normal off Ecuador and Peru during the second quarter of 1988, but in other parts of the ETP the SSTs were near normal, especially south of 5°S, where they had been 1° to 2°C above normal during the El Niño of 1987. By the third quarter the areas with negative anomalies of 2° to 4°C were expanding poleward on both sides of the equator, indicating a general cooling trend over most of the ETP. The extent of cooling in the equatorial region during July 1988 is shown in Figure 36. The wide pattern of negative SST anomalies in this figure is characteristic of other months from the late second through the fourth quarters of 1988. In April 1987, 15 months previously, the SST anomaly pattern was similar, but the anomalies were positive instead of negative (IATTC Annual Report for 1987, Figure 21). By the fourth quarter the SSTs were below normal over most of the CYRA (Figure 1), and along the equator the SSTs were as much as 4°C below normal, indicating that an anti-El Niño condition was well established in the ETP.

The IATTC staff monitors several oceanographic and meteorological variables as part of its continuing assessment of the effects of the environment on the tuna fishery in the ETP. In addition to SSTs, changes in the depth of the thermocline, the sea level, and the strength of the surface atmospheric circulation are useful indicators of impending onsets of abnormal warming or cooling trends in the ocean surface layer. Data on the annual variations in the depth of the thermocline, sea level anomalies, and the Southern Oscillation Index (SOI) for 1987 and 1988 are shown in Figure 37. The sea level is inversely correlated with the strength of winds blowing from east to west. The SOI, the difference between the standardized sea-surface pressure (SSP) anomalies of Darwin, Australia, and Tahiti, is a measure of the strength of the SSP system and wind circulation over the South Pacific. The differences between El Niño (1987) and anti-El Niño (1988) conditions can be seen in Figure 37.

During the mild El Niño of 1987 the depth of the thermocline was greater than the long-term mean (LTM) depth during most of the year in the equatorial region east of 100°W. During the austral summer of 1987–1988, however, the thermocline was near the LTM depth, and after mid-1988 it was markedly closer to the surface than the LTM depth. The sea level was well above normal in 1987 until the end of the year. During January 1988 the sea level began to recede. Except for a return toward normal in July, the sea level was well below the LTM in the CYRA during 1988. The variations in the thermocline depth and sea level in 1987 and 1988 were directly linked to changes in the atmospheric and oceanic circulations, as represented by the SOI. During 1987 the SOI was negative, except in November. During the last half of 1987, however, the SOI approached zero, indicating that the SSP and wind systems were becoming stronger over the South Pacific. During the first half of 1988 the SOI remained near zero, on the average, which indicated that the surface high-pressure system in the South Pacific had returned to its normal strength. After June the index became positive, and during this period the easterly trade winds in the tropics strengthened considerably. As a result, during the last half of 1988 the wind-driven ocean currents became stronger, the thermocline moved toward the surface, and the sea level receded. In addition, upwelling increased along the equator and off the coasts of Ecuador and Peru, as suggested by the large negative SST anomalies in Figure 35. All of these indicators confirmed the establishment of anti-El Niño conditions in the ETP during the third and fourth quarters, and it appears likely that these will continue during most of 1989.

Some effects of warm and cold ocean periods on tuna fishing

The IATTC staff has been investigating some of the effects of warm-water (El Niño) and cold-water (anti-El Niño) episodes on the abundance of tunas, their availability to the fishery, and their vulnerability to capture in the eastern Pacific Ocean. Data on the catches, fishing effort, and catches per unit of effort (CPUEs) of yellowfin and skipjack and on the ocean environment during 1960–1988 have been compiled for three heavily-fished areas, the inshore coastal area off Ecuador and northern Peru, the Costa Rica Dome (CRD) off Nicaragua and Costa Rica, and an area within the triangle between Cape San Lucas, Cape Corrientes (Mexico), and the Revillagigedo Islands. In each of these areas there has been considerable year-to-year variation in the catches of tunas and in the ocean environment, especially during El Niño and anti-El Niño episodes. Comparative studies of the CPUEs and environmental variables are being conducted for the three areas to determine the effects that changes in ocean conditions have had on the availability and/or vulnerability of tunas to the purse-seine fleet. The comparisons are based on monthly averages of SST, wind direction, wind speed, fishing effort, CPUE, and other data. The monthly averages are computed from the weekly averages for each of the above-mentioned parameters. Time sections showing the annual variation during El Niño and anti-El Niño periods have been prepared from the monthly averages to study the intra-annual variations between the ocean environment and the CPUEs.

Earlier studies, reported in the IATTC Annual Reports for 1984, 1985, 1986, and 1987, suggest that El Niño and anti-El Niño episodes affect the availability and/or vulnerability of tunas to the fishery. Changes in the wind direction and wind speed off the coasts of Ecuador and northern Peru during an El Niño, for example, can affect the catch rates. As an El Niño intensifies, the surface winds frequently strengthen and turn from southerly to westerly. As a result, the onshore winds push surface water toward the coast at the same time that abnormally high sea levels are occurring. This causes the water in coastal areas to “pile up” which, combined with a deepening of the thermocline, inhibits upwelling of the colder, nutrient-rich subsurface water. Subsequently, weaker upwelling in the coastal waters can lead to a temporary reduction in food production and, presumably, to lesser amounts of tunas available and/or vulnerable to the purse-seine fleet. The rest of this section will be devoted to a discussion of the possible effects of the environment on tuna fishing at and near the CRD.

The CRD, located approximately 200 miles west of Costa Rica and Nicaragua, is an area of cooler water, high in chlorophyll and rich in plankton, which results from strong upwelling of nutrient-rich subsurface water. The upwelling is maintained by the motion of the North Equatorial Counter Current (NECC) and wind-generated currents which usually diverge over the CRD and enhance the upwelling. The NECC moves eastward near 5°N to about 85°W where, before reaching the west coast of Central America, it turns northward to approximately 15°N and then moves westward, remaining offshore off southern Mexico. Inside the loop of the NECC, near 10°N–90°W (this location varies with the strength of the current), cool subsurface water is transported upward by divergence and inflow from the NECC below the surface of the CRD. During an El Niño event weaker-than-normal winds from the west (the winds normally come from the east) blow over the area during the first half of the year. The westerly winds cause a convergence of surface water over the CRD, and consequently a diminution of upwelling and nutrient enrichment of the surface waters. In contrast, during anti-El Niño episodes the winds blow from the east at greater-than-normal speeds. This usually leads to increased upwelling and food production over the CRD and surrounding waters downstream, and presumably to greater catch rates of tunas. This occurs most frequently during the first and fourth quarters of the year. In most years during the first and second quarters tuna fishing is good on the periphery of the CRD, where the SSTs are highest and food production is at its peak. During the northern summer the southerly winds are strong in association with tropical storm activity along the Intertropical Convergence Zone, and often make it difficult to fish at this time.

Rough seas and poor fishing weather, due to strong surface winds, also occur frequently from December to February, especially from Nicaragua to the Gulf of Tehuantepec.

The mean monthly values of SST, wind direction, and wind stress at the CRD for 1975–1988, and for 1983, 1987, and 1988, are shown in Figure 38. The 1983 data reflect conditions during the most extensive and severe El Niño of modern times, the 1987 data include a period of mild El Niño conditions confined primarily to the equatorial region south of 5°N, and the 1988 data show conditions during the most recent anti-El Niño period. Wind stress, which causes mixing in the surface layer and also pushes water in the direction the wind is blowing, is estimated from the square of the wind speed. The mean monthly values of the CPUEs of yellowfin, fishing effort, successful set ratios (SSR), and an index of yellowfin availability and/or vulnerability to the fishery for an area with a radius of 300 nautical miles from the center of the CRD for 1975–1988, and for 1983, 1987, and 1988, are shown in Figure 39. The SSRs are ratios of the numbers of successful sets to the total numbers of sets on yellowfin. The availability-vulnerability indices were calculated by $CPUE/(1 - SSR)$, so that greater CPUEs and/or SSRs produce greater indices, and lesser CPUEs and/or SSRs produce the reverse.

The SSTs in the CRD area were above normal throughout 1983, and the winds were from the west during March–May (Figure 38). The wind stresses were below normal during the first quarter, about normal during April–May, and above normal during August–December. The El Niño conditions of 1983, described in more detail in the IATTC Annual Reports for 1983 and 1984, apparently contributed to a reduction in upwelling and nutrient enrichment, especially from November 1982 to May 1983. During the second half of 1983, however, the El Niño began to weaken; the winds became easterly again and strengthened, especially after August. The fishing effort was low after March, as a large portion of the purse-seine fleet had moved to the western Pacific, where tuna fishing was relatively good (Figure 39). The CPUEs were low throughout 1983, although the SSRs were about average from March through July. The availability-vulnerability indices were low throughout the year, but were greatest during March–July, the months with average SSRs. The poor fishing around the CRD during 1983 is believed to have been due mostly to the severe El Niño which began during the fourth quarter of 1982. The weakening of the El Niño at the end of the year apparently helped to increase upwelling and food production after the third quarter of 1983, as the average annual CPUE increased from 2.8 tons per day in 1983 to 14.9 tons per day in 1984.

Because the mild El Niño of 1987 affected the ETP only south of 5°N, the SSTs and wind directions were near normal and the wind speeds were above normal at the CRD during most of 1987 (Figure 38). The wind stress was also above normal, of course, especially during January and February. Nutrient enrichment was probably greater than normal during 1987. This is supported by the fact that the thermocline was about 15 meters shallower than normal around the CRD, even though south of 5°N and east of 135°W the thermocline was about 20 meters deeper than normal. (The information on the depths of the thermocline around the CRD during 1987 and 1988 was confirmed from preliminary results based on expendable bathythermograph (XBT) data recorded during U.S. NMFS dolphin survey cruises in the eastern Pacific. A summary of the XBT data from these cruises was provided by D. W. Behringer, Atlantic Oceanographic and Meteorological Laboratory, U.S. National Oceanographic and Atmospheric Administration, Miami, Florida.) The fishing effort was about average, although it was low during the second quarter and high during November and December (Figure 39). The CPUEs were well above average for every month except June, and the SSRs were above average during every month except September, when the effort was low. As a result, the availability-vulnerability index was unusually high during January–April, and thereafter it remained above the mean.

During 1988 the ocean conditions at the CRD were similar to those in 1987, except that the SSTs were below normal after May and the wind stresses were greater than in 1987 during the second and third quarters (Figure 38). The below-normal SSTs after February 1988 and the

shallower thermocline (Figure 37 and personal communications from D. W. Behringer) suggest that upwelling was more intense than during 1987. The fishing effort was below normal during January–May (Figure 39). The CPUEs were well above the means, however, and the SSRs were similar to those of 1987 from April through August. Thus, the availability-vulnerability index rose sharply from the mean after February to a peak in April when both the CPUE and the SSR were high. As the northern summer approached the CPUEs and SSRs declined, even though the effort increased. The availability-vulnerability index also declined until September, but it remained markedly above the mean. Fishing is frequently curtailed north of 5°N during the northern summer due to tropical storms and rough seas. In both 1987 and 1988, however, fishing continued throughout the summer. For those years the average annual availability-vulnerability index was about 10 times what it was in 1983.

TUNA-DOLPHIN INVESTIGATIONS

The Commission's responsibilities include investigation of the problems arising from the tuna-dolphin relationship in the eastern Pacific Ocean (EPO), as described on page 7.

Data collection

The IATTC staff places scientific technicians aboard purse seiners of cooperating nations which fish for tunas associated with dolphins in the EPO. The technicians collect data on incidental dolphin mortality, marine mammal abundance, and fishing effort. The IATTC staff attempts to obtain a representative sample of all fishing trips so as to minimize the variances and biases of the estimates of dolphin abundance and mortality. Purse seiners flying the flags of Ecuador, El Salvador, Mexico, Panama, Spain, the United States, Vanuatu, and Venezuela carried IATTC technicians in 1988. U.S. vessels also carried observers from the dolphin program conducted by the U.S. National Marine Fisheries Service (NMFS).

Table 18 is a summary of the sampling coverage in 1988, by the two programs, of all international fleet trips by class-6 seiners (>400 short tons capacity) in the EPO. A total of 223 trips was sampled during the year, 181 by the IATTC and 42 by the NMFS. This resulted in a sampling coverage of about 40 percent of all international fleet trips in 1988, including trips which began in 1987 and continued into 1988 and trips which began in 1988 and continued into 1989.

During 1988, the IATTC staff attempted to maintain a 33-percent sampling level for all non-U.S. vessels. At this level of sampling, the mortalities can be estimated with acceptable levels of error. The actual sampling level for the year was about 35 percent for non-U.S. vessels. The NMFS mandated a 50-percent sampling coverage for U.S. vessels in 1988, which was shared equally by the NMFS and IATTC programs. All but one of the national fleets that fished in the EPO in 1988 participated at or near the 33-percent level, the exception being a Korean vessel which entered the EPO fishery late in the year and made only one trip.

Technician training

Seven courses to train scientific technicians in the collection of tuna-dolphin data aboard purse seiners were held during 1988. Two courses were held in Ensenada, Mexico, one in January and one in November, for a total of 45 Mexican trainees. One course was held in Guayaquil, Ecuador, in April, for 18 Ecuadorian trainees. One course was held in Cumaná, Venezuela, in August, for 10 Venezuelan trainees. Two courses were held in Panama, one in January and one in October, for a total of 4 Panamanian trainees. All attendees received instruction in marine mammal and tuna identification, data collection requirements and procedures, marine mammal herd size estimation, tuna fishing gear and operations, and shipboard protocol and safety. A course was also held for 11 U.S. trainees in La Jolla, California, USA, in February. The U.S. technicians received instruction on

IATTC data collection procedures and marine mammal herd size estimation, supplementing the training they had received from the NMFS.

Gear program

The gear staff assisted 25 vessels of the international fleet with dolphin safety panel (DSP) alignments and dolphin safety gear inspections. Vessels registered in Ecuador, Mexico, Spain, Vanuatu, and Venezuela participated in this program. After each DSP alignment and inspection, the staff provided the vessel owner or manager with a summary report of the results of the inspection and recommendations, if any, for improving the vessel's dolphin safety gear and its performance. The report addresses the following information:

1. Overall net dimensions,
2. DSP type and dimensions,
3. DSP location and condition,
4. Presence of a dolphin rescue raft, masks, and snorkels,
5. Presence of a floodlight with at least 140,000 lumens of output,
6. Presence of speedboats rigged for net towing, and
7. Whether the DSP was properly aligned.

A schematic drawing of the bow end of the net, where the DSP is located, is also provided.

The gear staff spent many hours during 1988 talking with vessel captains, crew members, and management personnel about reducing dolphin mortality levels by using gear and procedures proven effective. Many of these discussions were held during trial sets for DSP alignments.

In addition, other services are available from the IATTC staff to assist individual vessels and fleets in reducing dolphin mortality. Dolphin mortality reduction literature and videotapes are available in all offices. High-intensity floodlights for use in the event that backdown must be carried out in darkness are also available. Analyses of trip data can be performed, with proper data release authorization, to allow vessel managers to monitor vessel and captain performance. IATTC staff members are also available to conduct dolphin mortality reduction seminars for groups of vessel captains and industry personnel.

Incidental mortality of dolphins

Estimates of the mortalities of the major stocks of dolphins for 1988, incidental to tuna fishing operations, were calculated by the methods described in previous Annual Reports of the IATTC. These mortalities (Table 19) declined relative to those for 1986 and 1987, shown in the Annual Reports of the IATTC for those years. Using the mortality-per-set (MPS) ratio, the total values are 20 percent less than those for 1987 and 40 percent less than those for 1986. Using the mortality-per-thousand tons of yellowfin (MPT) ratio, the estimates are 25 percent less than those for 1987 and 35 percent less than those for 1986.

The numbers of sets made on tunas associated with dolphins (henceforth referred to as "dolphin sets") were virtually the same in 1986 and 1988. The 40-percent reduction in mortality, therefore, is due entirely to a reduction in the MPS ratio. The 20-percent reduction in the total mortality between 1987 and 1988 is due partly to a decrease in the number of sets, -16 percent, and partly to a reduction in the MPS ratio, -4 percent.

The amount of yellowfin caught in dolphin sets declined by almost 20 percent in 1988, relative to 1987, whereas the amount caught in 1987 was almost the same as in 1986. If the total mortalities of these years are compared, it can be seen that the reduction in mortality observed in 1988 relative to 1987 (-25 percent) results partly from a decline in fishing effort (-20 percent) and partly from a decrease in the MPT ratio (-5 percent).

Although the estimates of total mortality for 1988 are significantly less than those of 1986 and 1987, they are greater than those of the early 1980s. During the 1979–1984 period, the number of sets on dolphin-associated fish fluctuated between 4,000 and 8,000 annually, while during 1985–1988 the number of such sets was between 10,000 and 12,500. Given the greater level of effort in recent years, the MPS will have to be reduced even further to keep the total mortalities declining. The circumstances which led to the high total mortality in 1986 have changed, *e.g.*, the average catch of yellowfin in sets made on dolphin-associated fish in 1988 was only two-thirds that of 1986.

Other comparisons between 1987 and 1988, based on data from the scientific technician program, are as follows:

1. The proportion of sets made on fish associated with dolphins declined (68.5 percent in 1987, 49.1 percent in 1988; *t*-test $P < 0.001$).
2. The proportion of the yellowfin catch taken with dolphins also declined (61.8 percent in 1987, 56.0 percent in 1988; *t*-test $P < 0.001$).
3. The proportion of sets on common dolphins increased (5.2 percent in 1987, 7.9 percent in 1988; *t*-test $P < 0.001$).
4. The mean size of the dolphin herds captured increased considerably (407 in 1987, 477 in 1988; Van der Waerden test $P < 0.001$).

Other variables of interest, such as the mean catch of yellowfin in dolphin sets, mean duration of sets, proportion of night sets, and proportion of sets during which strong currents were encountered, remained at levels similar to those of 1987.

Sampling design

It is not known, at the beginning of a trip, where a vessel will fish, how long it will remain at sea, how many dolphin sets it will make, which species or stocks of dolphins will be involved in those sets, *etc.* All these unknowns must be considered in the design, but it is impossible to sample a fixed proportion of the days at sea, sets, *etc.* The sampling unit is a trip, which will result in a given number of days at sea, a given number of dolphin sets, and a given catch in dolphin sets. Even though it might be preferable to use a different, less variable, unit than a trip, practical constraints limit the choices, and a restricted set of estimation methods can be used, namely:

1. Compute the average mortality per trip and multiply this by the total number of trips to estimate the total mortality. As the length of a trip varies among years, seasons, fleets, areas, *etc.*, this method has a high variance, which makes it inferior to the other alternatives.
2. Compute the average mortality per day at sea and multiply this by the total days at sea by all vessels, obtained from departure and arrival records, to estimate the total mortality. This is an improvement over method (1) because it eliminates the duration of the trip as one of the sources of heterogeneity. There is a good correlation between days at sea and fishing activity, but it is far from perfect because variable portions of the days at sea may be spent running to the fishing grounds, waiting for storms to pass, making repairs, *etc.*, or fishing for tunas associated with floating objects or only with other tunas (henceforth referred to as “schoolfish”). As this method does not use information on where fishing took place, spatial stratification is not possible. The NMFS uses this method for its “real-time” estimates of dolphin mortality for the U.S. fleet.
3. Compute the average mortality per set (MPS) for dolphin sets and multiply this by an estimate of the total number of such sets to estimate the total mortality. This method and method (4) are employed with data collected at sea by scientific technicians, after the trips

are completed. By using the sets as the measure of fishing activity, many of the uncertainties or ambiguities of days at sea are eliminated. By using only the data for dolphin sets, all the effort directed toward fish not associated with dolphins is eliminated. Since the dolphin species or stocks at which the effort is directed and the locations of the sets are known, the effort can be stratified by species or stocks and by area, and the proper shares of the total effort applied in making the estimates.

4. Compute the average mortality per ton of fish (either yellowfin only, or the sum of yellowfin, skipjack, and bigeye) caught in dolphin sets. In this report the calculations are based upon yellowfin only. This value is then multiplied by an estimate of the total catch of yellowfin in dolphin sets to estimate the total mortality. This method has the same advantages as (3), and it overcomes the problems caused by the fact that the mortality in a set is correlated with the amount of fish caught. For convenience, this ratio is expressed as mortality per thousand tons (MPT) of yellowfin caught. This produces a whole number which corresponds roughly to the total catch of yellowfin for a trip. In other reports mortality per ton has been frequently used.

Methods (3) and (4) are used in reports prepared by the IATTC staff. Only data which have been verified and corrected (*e.g.*, data based on incorrect identifications of species or stocks eliminated) are used. In most years the estimates of total mortality derived by the two methods are close, and their coefficients of variation (Table 20) are similar.

The scientific technician effect

It is assumed, when estimating mortality, that the presence or absence of a scientific technician has no effect on the areas of fishing, types of sets, gear and procedures used to reduce dolphin mortality, *etc.* A full verification of the validity of this assumption is not possible. During the mid-1980s, U.S. NMFS scientists approached the problem from the point of view of the enforcement level of the technician, comparing periods with different policies, and also data collected by NMFS and IATTC technicians, since NMFS technicians have been involved in enforcement and IATTC technicians have not. If the presence of a technician, with the associated probability of being sanctioned for infractions, *etc.*, causes a change in behavior, the NMFS technicians should encounter lower average mortality levels than the IATTC technicians, whose confidentiality requirements prevent them from reporting infractions. Unfortunately, there was only a short time series available for some of the comparisons, and the last year of the series had the highest MPT values of the whole period, which probably confounded the analysis. A further test can be made by comparing the values for the U.S. fleet from data collected by NMFS and IATTC technicians during 1979–1987 (Figure 40). It is clear from these data that the mortalities on vessels with NMFS technicians were not less than those on vessels with IATTC technicians.

A further comparison has been initiated, matching trips with and without technicians by area, proportion of sets made on dolphins, duration of trips, size of catches, and other factors, looking for evidence of changes in behavior of the fishermen.

The components of mortality estimates

As mentioned earlier, all statistical methods used to estimate mortality from sampled trips have two components. The first measures the total amount of activity of the fleet expressed as trips, days at sea, number of sets made on dolphins, or tons of yellowfin caught. This is directly correlated with the total mortality. For example, the mortalities will be greater in a year with more sets made on dolphins than a year with fewer such sets, everything else being equal. The second component measures the mortality produced by a unit of fishing activity (a trip, a day at sea, a dolphin set, or a ton of yellowfin caught).

The total mortality is the product of these two components, so changes in either of them have an impact on the estimates. Some of the main factors which affect these two components will be discussed briefly, concentrating on the MPS and MPT ratios.

Factors affecting effort on tunas associated with dolphins

The catches resulting from the three different modes of fishing are usually quite different in species composition and distribution of sizes of yellowfin caught (Figure 41). Sets on floating objects usually produce skipjack associated with small yellowfin (less than 70–80 cm). The species and size composition of fish caught in schoolfish sets are similar to those caught in sets on floating objects, but the distribution of sizes is broader and the mode slightly greater. Sets made on dolphins produce nearly all yellowfin, and these are considerably larger, on the average, than those caught in other types of sets. The canneries pay higher prices for larger yellowfin, at least in some years, because they produce greater yields with less labor. In recent years, the difference between the prices paid for larger and smaller yellowfin has been relatively great, influencing the selection of mode of fishing by the fishermen. The proportions of sets made and the proportions of the total tonnages of yellowfin caught in each type of set during 1979–1988 are shown in Figure 42. When the price difference is large, as in recent years, a greater portion of the effort is directed toward fish associated with dolphins, resulting in increases in the numbers of sets and in the tonnages caught on dolphins. In previous years, when the price difference was less, the proportion of sets made on dolphin-associated fish was also less. The proportion of effort on dolphins declined considerably in 1988, relative to 1986, when the mortality was unusually high.

Another factor which may affect the level of effort on dolphins is the fact that in some years the dolphin-tuna association is weaker. A good example of this is the 1982–1983 period, when a very strong El Niño event disrupted the fishery. The area west of the Gulf of Tehuantepec, which is normally one of the main fishing areas for dolphin-associated tunas, was quite unproductive, and fishing on dolphins declined considerably. The staff is not sure of the reason for this, but the changes in oceanographic conditions, especially the thermocline depth, may have driven the tunas deeper and made them less vulnerable to surface gear, or perhaps changes in the currents shifted the fish to areas which are not normally fished by the fleet.

Factors affecting the mortality per dolphin set or mortality per thousand tons

Many factors influence these ratios, so only some of the most important ones will be discussed. The description that follows is not satisfactory from the statistical point of view, but the characteristics of the data make it difficult to apply more sophisticated methods. In the first place, many of the factors listed below are confounded, that is, the effects of individual factors cannot be fully separated. For example, if a large amount of tunas is caught in a set, it will be more likely that the set will take longer to complete, that it will involve a greater number of dolphins, that it will be completed after dark, and that a malfunction will occur. Also, the average herd sizes are different for the different species or stocks, and they inhabit different areas. Fishing directed toward some species or stocks and fishing in some areas occurs during only part of the year, so species or stock effects and spatial and temporal effects cannot be separated. This makes it difficult to know precisely what are the cause-and-effect mechanisms that result in the higher or lower ratios.

Traditional approaches, such as multiway analyses of variance, cannot be used because of the large number of empty cells and the tremendous imbalance of the designs. Multivariate techniques sometimes deal well with problems of this type, but they are not good at ascertaining cause-and-effect relationships. Because of these problems, each variable has been analyzed separately, treating it as if it were the only one affecting the results. A more sophisticated analysis will be performed in the future.

Catch of yellowfin in the set

The effects of the amount of yellowfin caught on the MPS and MPT values are shown in Figure 43. The MPS increases steeply, from a value of about 3 animals per set when the catches are low (1–10 tons) to about 65 animals per set when the catches are high (>100 tons). Clearly, years in which the tunas occur in larger schools will produce greater average catches per set, but also greater MPS values. In recent years, the average catch per dolphin set has been close to twice what it was in the early 1980s, and the MPS values have increased. The MPT values are high for low and high catches, and less for intermediate catches.

Size of dolphin herd caught

The MPS AND MPT values with various sizes of dolphin herds caught are shown in Figure 44. Both of these increase with herd size.

Species or stock caught

Several species or stocks of dolphins associate with tunas in the EPO. Some of the stocks occupy a large portion of the range of the fishery, and others are present only in limited areas. The distributions of sets and average values of MPS for the main stocks during 1979–1988 are shown in Figures 45–48. There are two sources of heterogeneity apparent in those maps: (1) different species or stocks have different levels of MPS; and (2) the same species or stock has different levels of MPS in different areas. The first source will be addressed here, and the second in the next section.

The average MPS is greater for common dolphins than for spotted or spinner dolphins (Table 21). The average herd size for common dolphins (approximately 500) is greater than those for the other stocks or species (spotted dolphin, 400; eastern spinner dolphin, 160; whitebelly spinner dolphin, 180), and their more active behavior in the nets makes them more prone to becoming trapped or tangled. The percentages of sets made on common dolphins have been greater in recent years (Table 22).

Other species of dolphins are also killed, but the number of sets in which they are captured is so small that separate estimates for each species cannot be made. They are all included under the heading “other dolphins.”

Area of capture

The distributions and average MPS values for the major stocks involved in the fishery are shown in Figures 45–48. A comparison of these maps with Figure 49, which shows the distribution of dolphin sets, indicates that the areas with more sets have lower MPS values, and *vice versa*. It is believed that the behavior of the dolphins is affected by the fishing activity in the area in a way that leads to a reduction in mortality, perhaps due to learning on the part of the dolphins.

Whatever the explanation, this source of heterogeneity must be considered in the statistical treatment of the data. For stocks with high spatial variability, several areas have been identified, within each of which the MPS values were relatively homogeneous. The mortalities have been estimated for each area, and then these estimates have been summed to obtain estimates of the total mortalities for the various species or stocks.

For the stocks for which mortality occurs only in some sections of the fishing areas, only the effort in those sections is used for the estimations.

Finally, if there is no clear pattern of variation in MPS or the data are not sufficient for stratification, the data for the whole area must be used without any spatial stratification.

Flag of vessel

Early estimates of mortality included a stratification based on the flag of the vessel. The rationale behind this was the assumption that countries with different levels of regulation or enforcement were likely to have differences in mortality levels. As the sample sizes were insufficient to stratify by all flags, a category called "non-U.S." was used, in spite of the fact that this was in itself a very heterogeneous group. Vessels of different flags tend to operate in different areas, and this must be taken into account, since it has already been shown that the mortality rates are different in different areas. To test whether there were differences between flags (at the very crude level of U.S. and non-U.S.), a series of statistical tests was performed that showed that, when data for the same areas were compared, in most cases there was no statistical evidence that the MPS values differed for the two groups. It was concluded that, if sampling is limited, stratification by area is more logical than stratification by flag, and that differences between flags, if they exist at all, should be dealt with by using a sampling design which provides for proportional sampling of the vessels of all flags.

In recent years the sampling coverage of the U.S. fleet, which is dictated by the NMFS, has been highly variable because of changes in policy. The levels of sampling have gone from 40 to 100 percent, down to 50 percent, and then back up to 100 percent. This creates a bias by altering the proportion of samples from the U.S. fleet, and also, in some cases, by affecting the behavior of the fleet in response to mortality quotas, *etc.* Accordingly, the attempts to sample all fleets at the same level was replaced by a stratification scheme that separated the U.S. and non-U.S. components of the fleet. When the IATTC staff revised the data for previous years to express the results by stock, as suggested by the International Whaling Commission (IWC), it was decided to stratify by flag for the years in which the sample sizes were adequate to do so (1986 to present). The mortalities for this period are estimated by flag, and the results are summed to obtain estimates for the total mortalities.

Time of capture (day versus sundown sets)

Sundown sets are defined as those in which the backdown procedure is finished in darkness. Because of the additional difficulties that darkness generates for the dolphin rescue effort, and perhaps also because of altered behavior of the dolphins, the average number of animals left in the net after the backdown procedure is greater for sundown sets (8.6) than for day sets (3.9). Further comparisons of day and sundown sets are given in Table 23.

Duration of set

The mortalities are greater in sets which take a long time to complete than in ones which take only a short time. MPS and MPT values for sets with different periods of backing down, which averages about 15 minutes, are given in Table 24. Long periods of backing down are infrequent, and usually occur when a large herd of dolphins is taken in the net, or when there is a gear malfunction, so it cannot be assumed that the duration of the set is the sole cause of high mortality. It is obvious, however, that the longer the dolphins stay inside the net, the more likely they are to become entangled in it.

Presence of strong currents

Strong currents affect the behavior and handling of the net, and may cause collapses. Data on mortalities when the currents are strong and when conditions are normal are given in Table 25.

Occurrence of gear malfunctions

Data on mortalities for sets made under normal conditions and for sets during which minor and major gear malfunctions occurred are given in Table 26.

Alignment of the fine-mesh panel

The fine-mesh panel covers the end of the backdown channel. If it is properly aligned it is very effective in reducing mortality, but if it is not its efficiency is greatly reduced. Data on mortalities for sets made with nets with properly and improperly aligned fine-mesh panels are given in Table 27.

Use of dolphin-saving procedures

The correct use of all dolphin-saving procedures usually results in a considerable reduction in mortality. Preventing net collapses and canopies, or counteracting them when they happen, also help. Sets with net collapses have average MPS and MPT values of 15.8 and 866, respectively; the corresponding values for sets with canopies are 19.9 and 1,134. When there is no crewman in a raft in the backdown channel the average MPS is 11.6, and when there is one it is 5.1; the corresponding values for average MPT are 330 and 780.

Simulations

Relative biases

Ratio estimates are known to be frequently biased. Several options to reduce the bias are available, including modifications to the basic formula used to compute the ratio and the use of resampling techniques, such as the jackknife and bootstrap methods. To explore this problem, several simulations were performed, combining data for several years and sampling from that known set. In a first round of simulations, the results obtained with the classical formula, jackknife and bootstrap versions of this formula, and formulae proposed by Mickey, Hartley-Ross, Tin, Pascual, and Beale were compared. Of the eight possible methods, the three which produced the least biases, the Hartley-Ross, the Pascual, and the bootstrap version of the classical formula, were selected for further work.

The classical formula can be expressed as the ratio of the means of the variables in the numerator and denominator, or alternatively as the ratio of their sums. The procedure called bootstrapping consists of sampling repeatedly with replacement from the data base of trips. The repetitions allow the calculation of standard errors without making a set of assumptions about the distribution of the variables. These standard errors can then be used to generate a 95-percent confidence interval, using an approximation to the normal distribution and applying double the standard error at both sides of the estimate. Alternatively, a large number of replicates (usually 1,000 or more) can be used to generate a Monte Carlo confidence interval, in which case this is defined as the pair of values that mark the 2.5 and the 97.5 percentiles of the distribution of outcomes. If the distribution is reasonably symmetrical, the normal approximation and Monte Carlo intervals coincide. As that was the case for the dolphin data, the normal approximation was selected because it requires a lesser number of replications. In addition to being useful for estimating variances and confidence intervals, the bootstrap method may reduce bias in the estimates, and it is introduced here for that reason.

The Hartley-Ross and Pascual formulae both use correction terms that apply to the classical formula. As there is no clear prescription regarding which to use, the simulations were allowed to select the one which behaves better with the dolphin data.

The results of the simulations performed for the MPS and MPT data for eastern spinner dolphins, using the bootstrap versions of the classical, Hartley-Ross, and Pascual formulae for different years, are shown in Table 28. From the data in the table it is concluded that:

1. The values of the relative biases are generally low for coverages greater than 20 percent.
2. At low sample sizes the biases tend to be positive, indicating that overestimation of the mortality is more likely than underestimation.

3. There is considerable year-to-year variability in the values, but the tendencies remain similar.
4. The Pascual formula is slightly better than the others at the lowest sampling level for MPT.
5. At greater sample sizes, the Pascual formula again has some marginal advantages over the other two.
6. Given (4) and (5), and the fact that the MPT values appear to be more important than MPS values because of their inclusion in most management programs, the bootstrap version of the Pascual formula was used for all the estimates.

Variance versus sample size

After selecting the three most promising approaches, a second round of simulations, each including data for more than one year, was performed. Data for three groups, named for the first years (1979, 1980, and 1981) for which data were included, were used. Working with three different groups assures that the results are not heavily influenced by the data for any individual year. In order to compare the three formulae on similar terms, the bootstrap versions of all of them were used. From the set of 100 trips, a random sample with replacement was chosen, and the procedure was replicated 1,000 times. The sampling levels used were 5 to 40 percent at 5-percent intervals, and 40 to 90 percent at 10-percent intervals. For each of the replicates the MPS and MPT values for spotted and eastern spinner dolphins were calculated, using the three formulae. The average results of these replicates were compared with the known values to estimate the biases.

Some examples of the variances at different sample sizes are shown in Figures 50–52. In all cases, the variances decline rapidly from 5 to 10 percent, but then the decrease becomes slower, and when the level of coverage reaches 20 to 30 percent, slight reductions in variance can be achieved only with great increases in sampling. Because of this, together with the observations about bias, it was concluded that a sampling coverage of 25 percent was probably adequate, but to allow some leeway a goal of 33-percent coverage for the international fleet was adopted. This percentage has the advantage of translating easily into simple terms, *i.e.* one out of three trips.

The validity of the analytical formula for the variance of a ratio depends on two assumptions: a large sample size (greater than 30), and coefficients of variation for both the numerator (mortalities) and denominator (tons or sets) of less than 10 percent. In this case, the distributions of the variables are extremely skewed, and the sample sizes after stratification may be smaller than required, so it was obvious that the assumptions would be violated in almost all cases. A comparison between the standard errors estimated using the analytical formula and the bootstrap method was also performed (Table 29). The higher values for the bootstrap estimates probably indicate that the analytical formula underestimates the variance. The staff has selected a higher, but more realistic, measure of variability, and has developed a complex stratification scheme to try to reduce it.

Revision of mortality estimates

The early estimates of mortality made by the IATTC staff included a grouping of the vulnerable species or stocks into offshore spotted dolphins, common dolphins, eastern spinner dolphins, whitebelly spinner dolphins, striped dolphins, and “other dolphins.” In 1988, the IWC requested that other stocks not included in the original list be classified individually. In response to that request, the staff has recomputed all mortality estimates for 1979 to 1988, classifying the stocks as follows: northern offshore spotted dolphins, southern offshore spotted dolphins, eastern spinner dolphins, northern whitebelly spinner dolphins, southern whitebelly spinner dolphins, northern common dolphins, central common dolphins, southern common dolphins, and “other dolphins.” The striped dolphins were included with “other dolphins” because of the paucity of sets on them in most years. Once committed to the task of recomputing all its estimates, the staff took the opportunity to introduce the following updates and modifications that had been developed during recent years:

1. The data for all years were stratified by stocks as requested by IWC.
2. The data for all years were stratified by area and species as done for 1984–1987.
3. The data for all years were recomputed, using the methodology employed after 1984.
4. The data for 1986–present were stratified by flag (U.S. and non-U.S.), and the totals added. The data for previous years were not stratified by flag, due to insufficient sampling coverage.
5. To make the results compatible with the legislation of the major countries involved in the fishery, only the data for Class-6 vessels (capacity >400 tons) were used, and
6. The tonnage of tunas (including skipjack and bigeye) was replaced by the tonnage of yellowfin only for estimation of MPT.
7. Since the IATTC's logbook data base receives a continuous flow of information, resulting in updates even for previous years, the staff used the opportunity to update all the figures for this data base.

Some of these changes are minor (*e.g.* the tonnage of skipjack caught on dolphins has never been very high (less than 3 percent)). Others, which involve redistribution of effort by area, may be more significant.

The revised estimates of mortality are shown in Tables 30 and 31, and their standard errors in Tables 32 and 33.

Various estimates of mortality are shown in Table 34. In general the values are quite similar.

Various estimates of the standard errors are shown in Table 35. The values obtained in the HB reports with unstratified data are somewhat greater than those obtained in those reports with stratified data. This may indicate that the partitioning of the data into more strata is creating problems because of the small sample sizes in some of the strata, which magnifies the effect of outliers.

Estimation of relative abundance

Line-transect methodology has been applied by scientists of the U.S. National Marine Fisheries Service (NMFS) and the IATTC to estimate trends in abundance for several stocks of dolphins which are caught incidentally while fishing for tunas in the EPO.

The research cruises and aerial surveys carried out by the NMFS were designed to collect data that would produce unbiased abundance estimates, but the expense involved in collecting such data has meant that there are relatively few sightings to analyze. In the past, NMFS scientists have calculated dolphin abundance estimates by combining these data with the larger body of information available from sightings made by scientific technicians aboard tuna vessels. More recently, they have calculated relative abundance estimates for 1986, 1987, and 1988, using only research-vessel data.

Because of the great amount of tuna-vessel sightings data available, the IATTC staff has used these data alone to estimate dolphin abundance. Unfortunately, the tuna-vessel sightings data include several inherent biases, so the major assumptions of line-transect analysis are violated to varying degrees. Methods have been developed by the IATTC staff to estimate relative dolphin abundance from these data, however, by either minimizing these biases or by making them consistent from year to year. If the biases are consistent trends in abundance can be examined, even if the estimates of abundance are believed to be biased.

Preliminary relative abundance estimates for 1988 for spotted, spinner, and common dolphins, based on data gathered by scientific technicians on 152 tuna vessel trips, are given in Table 36. The estimates were calculated using the stock boundaries shown in Figures 53, 54, and 55. The estimated trends in abundance for the spotted, spinner, and common dolphins for 1975–1988 are

shown in Figures 56–63. Only one of the stocks, southern offshore spotted dolphins, showed a statistically-significant trend during the 1984–1988 period. In this case, the boundaries used for this stock seemed to be inadequate; almost half of the sightings of dolphins of this stock recorded during 1988 were outside its southern boundary. The abundance estimates for the remaining stocks for 1988 were quite similar to those obtained for 1987. A possible exception to this pattern is the central stock of common dolphins. The 1988 estimate for this stock is considerably greater than the 1987 estimate, but estimates for this stock have shown large year-to-year fluctuations. The relative abundance estimate of the eastern stock of spinner dolphins for 1988 is the greatest of the whole period considered. In any case, apart from the anomalous case of the southern offshore spotted dolphin, there is no evidence of significant trends during the last five years.

Tunas, logs, and dolphins

The project to tag drifting objects (“logs”), which began in 1987 with a tagging cruise off Colombia, was described in the IATTC Annual Report for that year. One return, from a beach at Contadora Island, Panama, was received during 1988.

Another cruise to tag drifting objects took place during 1988, this time off Ecuador. This work was made possible through the cooperation of the Instituto Nacional de Pesca (INP) of Ecuador. Two biologists from the INP, María Herminia Rodríguez and Tito Rodríguez, participated in the cruise. The work was carried out on the Manta-based Ecuadorian-flag baitboat *Sonnia* from February 24 to March 5 and from March 11 to March 21. As during the previous cruise, drifting objects were tagged with numbered, floating plastic squares 24 by 24 by 3/16 inch (61 by 61 by 0.5 cm) in size. A total of 86 logs was tagged. Approximately 30 percent of the logs bore marks from machetes or axes or had obviously been through a saw mill. Small samples of wood from the tagged logs were collected and sent to the Forest Products Laboratory, U.S. Department of Agriculture, Madison, Wisconsin, for analysis. Also, 330 skipjack and 19 yellowfin associated with the drifting objects were tagged and released. In addition, 36 ichthyoplankton tows were made for analysis by the INP and 26 sightings of marine mammals were recorded. Announcements (Figure 64) were distributed to fishing and other vessels, requesting that they record sightings of the logs in their logbooks, with information on the amounts of tunas seen or caught in association with the logs. Two of the logs were found by fishermen at sea and a third was found on a beach at Punta Sal, Peru, 60 miles due south of the location of release, 3 days later. Information on the returns of the tuna tags is given in the section of this report entitled *Tagging*.

Food habits study

Little is known about the feeding relationships between yellowfin tuna and dolphins that school together in the EPO. A previous study by the U. S. National Marine Fisheries Service (NMFS) showed that spotted dolphins and yellowfin eat similar prey, epipelagic fishes and squid, while spinner dolphins consume largely mesopelagic fishes and squid. The study was limited, however, in its time span, the number of sets sampled, and the area covered. The IATTC staff is currently conducting a food habits study of both yellowfin and dolphins to expand upon the previous study in hopes of better understanding the dolphin-tuna bond.

IATTC scientific technicians aboard tuna purse seiners are collecting stomach samples from yellowfin and dolphins caught in the same sets. Biologists at the field office in Cumaná, Venezuela, are analyzing the samples. To date, 248 stomach samples have been collected from spotted dolphins, 78 from spinner dolphins, 70 from common dolphins, and 52 from yellowfin tuna.

In addition to comparing the diets for these species, the following questions will be examined: (1) Do the diets of the dolphins and yellowfin differ in different areas? (2) How do the various species of dolphins partition food resources? (3) Do the dolphins and yellowfin show daily feeding patterns?

Preliminary results obtained by combining the data from the NMFS and the current IATTC study indicate that the percentage of spotted dolphins with “full” stomachs, defined as those with tissue remains present, declined during the day, and that none of the 63 stomachs collected in 5 sets made between 1330 and 1630 were full (Figure 65). Although spotted dolphins are reported to be diurnal feeders, the data in Figure 65 suggest a either a crepuscular (dusk and/or dawn) or nocturnal feeding pattern.

Dolphin herd sizes

An examination of the factors that affect dolphin herd size is currently underway to understand better the biology of various species of dolphins and to improve abundance estimates that rely on herd size estimates. By examining daily patterns in size and species composition of dolphin herds, it may be possible to determine what some of these factors are and how they interact.

Two factors likely to have important influences on herd size are predation pressure and prey distribution. It has been argued that the largest herd sizes are typically found in species that live in pelagic habitats where the predation pressure is presumed to be higher, while smaller herds are typical of coastal, estuarine, and riverine species. For pelagic dolphins, protection from visual predators such as sharks would be promoted by aggregating in relatively large herds during the daytime. If dispersal forces were at work at night, daily cyclic variations in herd sizes would be expected. One might also expect increased formation of mixed-species herds for protection during the day.

The importance of prey density is suggested by correlations among the sizes of groups of a guild of predators—dolphins, birds, and tunas—that prey on epipelagic fish, squid, and crustaceans. Feeding aggregations composed of all of these predators are common in the EPO. Previous studies have shown that the size of yellowfin tuna schools and bird flocks are both correlated positively with the sizes of dolphin herds. If the sizes of groups of many of the members of the predator guild appear to be correlated they may be responding to the densities of the shared prey species. Many fish species show a daily cycle in schooling, with aggregation occurring during the day and dispersal due to loss of contact occurring at night.

By examining changes in herd size in the light of daily behavioral cycles, it may be possible to determine how these factors influence herd size. The study is focused on the following questions: (1) Do dolphin herd sizes show a pattern of daily variation and, if so, what do these patterns suggest about the influences of predation and feeding? (2) Do mixed-species dolphin herds show a pattern of daily variation and, if so, what does this suggest about inter-specific relationships? (3) Are these patterns, if they exist, mirrored by other members of this guild, the seabirds and tunas?

The mean herd sizes of spotted, spinner, and common dolphins in the EPO increased over the course of a day (Figures 66–69). It appears that the herds increase in size during the morning hours, and then fragment during the late afternoon or at night. Stratifying the sightings by sea state indicated that this pattern was not an artifact of daily changes in sighting conditions. The average tonnage of yellowfin caught in association with dolphins also increased with time of day (Figure 70).

Two lines of evidence suggest that this pattern is advantageous because of the protection that a large group provides against predation. First, the afternoon peak in herd size does not correspond with what is known about the feeding times of the dolphins. Both the common dolphin and spinner dolphins are thought to be nocturnal feeders, and the spotted dolphin does not appear to feed during the afternoon (see the section entitled ***Food habits study***). Second, the bottlenose dolphin do not show this pattern (Figure 71), even though its diet is similar to that of the spotted dolphin. Bottlenose dolphins are larger than the other species of dolphins in the study, occur in small herds, and appear to have fewer predators than the smaller dolphins.

STATUS OF THE TUNA STOCKS IN 1988 AND OUTLOOK FOR 1989

The IATTC staff has the responsibility of monitoring the fluctuations in abundance of the tropical tunas of the eastern Pacific Ocean and assessing the effects of man's activities and natural factors on their abundance. Each year scientific information gathered by the staff is used to make recommendations for the management of these species. This is accomplished by presenting information in background documents and orally at the meetings of the Commission. The information is summarized in this Annual Report to make it available to the general public.

YELLOWFIN

A variety of age-structured and production models have been used by the IATTC staff to assess the effect that fishing has had on the abundance of yellowfin in the eastern Pacific and to determine the present condition of the resource. The results of these studies are summarized below, followed by a discussion of the status of yellowfin in the eastern Pacific in 1988 and considerations for 1989.

Age-structured models

Age-structured models make use of data on recruitment and on the growth and mortality of individual fish. Estimates of these parameters are obtained from analyses of data on the length-frequency distributions of the fish in the catches, supplemented by tag return data and other data of various types. The IATTC staff has collected data on the size composition of the catches of yellowfin in the eastern Pacific Ocean since 1954, and in addition has had access to the corresponding data collected during 1951–1954 by the California Department of Fish and Game. Tagging was conducted principally from 1955 to 1981, and analyses of these data are still in progress.

Biomass analyses

Age-structured biomass analyses performed by the IATTC staff have produced information concerning the abundance and mortality of fish of individual year classes which has been highly useful for stock assessment. As a first step, the fish in the catch must be assigned to cohorts. (A cohort consists of all the fish recruited to the fishery at the same time, such as the X68 cohort, which first entered the fishery in small numbers during the first half of 1968 and contributed to it significantly for the first time during the second half of that year, and the Y68 cohort, which first entered the fishery in small numbers during the second half of 1967 and contributed to it significantly for the first time during the first half of 1968.) The recruitments to the X and Y cohorts have been estimated, on the average, to be about the same (Table 37). Then estimates are made of the numbers of fish of each cohort at the time of recruitment and at various intervals thereafter and of the numbers which are caught and which die during each interval. These numbers are converted to weights from data on the average weights of fish of different sizes to calculate the biomass estimates. The information needed for these calculations includes the numbers and average weights of fish of each cohort in the catch, an estimate of the natural mortality rate (or estimates of a series of rates if the natural mortality is not constant for the fish of different ages), and an estimate of the fishing mortality rate for at least one catch interval for each cohort. These are called the "initiating" rates of fishing mortality. All of these estimates are obtained from analyses of catch statistics and length-frequency and length-weight data. The results of these analyses are not as accurate as desired because, although fish of different cohorts can be easily distinguished from one another when they are young, this becomes increasingly difficult as they grow older, so older fish are probably often assigned to the wrong cohorts. Thus not only are the estimates of the catches of fish of each cohort less accurate than desired, but the estimates of the mortality rates are somewhat crude. Specifically, an estimate of 0.8 for the instantaneous annual rate of natural mortality is used, but it is suspected that this rate varies

with age, being greater for younger fish and less for older ones. Also, the catchability of the fish varies according to age, area, season, weather, and other circumstances, and this introduces "noise," and possibly bias as well, into the calculations.

Age-structured biomass analyses have been conducted for 1964 through 1988. Quarterly estimates of the average numbers of fish by age group for 1968 through 1988 are given in Table 38, and estimates of the annual average biomasses of fish by age group for 1968 through 1988 are given in Figure 72. Different initiating rates of fishing mortality were estimated for the quarters during which different cohorts were last exploited, dependent on fluctuations in effort from season to season. In addition, for purposes of comparison, calculations were made for all cohorts with initiating rates greater and less than those considered to be the best estimates.

The estimated average populations of fish of any cohort, in numbers of fish, can be obtained from Table 38. For the X68 cohort, for example, there was an average of 24,724,000 1-year-olds during the first quarter of that year, and the population of that cohort during the second, third, and fourth quarters averaged 20.2, 16.4, and 13.2 million fish, respectively (1968 rows, I column). In 1969 the average populations of 2-year-olds of that cohort during the first through fourth quarters were 10.4, 8.0, 6.3, and 5.1 million fish, respectively (1969 rows, II column), and so on. The average numbers of 1-, 2-, 3-, and 4-year-olds of the four X cohorts (1968, 1967, 1966, and 1965) during the first quarter of 1968 were 24.7 million, 8.3 million, 3.6 million, and 0.1 million, respectively (1968, first row). The table is read the same way for the Y cohorts as for the X cohorts, except that there is a 0 column for the youngest fish, none of which are assumed to be caught prior to the third quarter of the year. Also shown in Table 38 is a V+ column, which includes the older fish, none of which can be assigned to cohorts, and whose population size was estimated indirectly from catch data and mortality estimates of younger fish. It is assumed that half of these belong to the X cohorts and half to the Y cohorts.

Estimates of the numbers of recruits for each cohort for 1967–1988 are listed in Table 37. The annual averages for the X and Y cohorts are nearly the same (30 million for the Y cohort and 27 million for the X cohort in the "Initial" columns; 27 million for the Y cohort and 24 million for the X cohort in the "Average" columns). The variability among years is roughly the same for the Y cohort (3.6) and the X cohort (2.6 to 2.8), and that for the combined data (2.9) is intermediate. The recruitment has been variable, but the average for 1977–1988 has exceeded that for 1967–1976. There appears to have been an upward trend in recruitment over the last 20 years or so, the initial recruitment averaging about 50, 59, and 70 million fish during the 1968–1976, 1977–1983, and 1984–1988 periods, respectively (Figure 73). It could be argued, however, that this is due to chance variation, especially for the 1974–1988 period, when the initial recruitment has averaged about 62 million fish.

The average weights of the fish during each quarter, beginning with the quarter they are recruited into the fishery, were estimated to be:

Average weight			Average weight			Average weight		
Quarter	Pounds	Kilograms	Quarter	Pounds	Kilograms	Quarter	Pounds	Kilograms
1	4.0	1.8	7	27.0	12.2	13	98.0	44.5
2	5.6	2.5	8	36.1	16.4	14	111.1	50.4
3	8.0	3.6	9	45.0	20.4	15	122.0	55.3
4	10.2	4.6	10	55.1	25.0	16	130.0	59.0
5	13.5	6.1	11	67.0	30.4	17	134.0	60.8
6	18.9	8.6	12	83.0	37.6	18	136.0	61.7
						19 +	157.0	71.2

These values were multiplied by the corresponding values in Table 38 to calculate the estimated average annual biomass (total weight averaged over four quarters) of each cohort. These data are shown in Figure 72. It is easy to see the relative strengths of the various cohorts from this figure. For example, the X83 and Y83 cohorts (diagonal lines), which were both relatively strong, were not fished heavily until 1985, when they were in age-group 3 and their biomass was high. The Y73 cohort, on the other hand, was only average, and after having been fished heavily as age group-1 fish in 1973 its biomass was low in the succeeding years.

In Figure 74 are shown the average quarterly and annual biomass estimates for 1968 through 1988 for all fish regardless of age and for "large fish" (all Y-cohort fish which had been in the fishery more than six quarters plus all X-cohort fish which had been in the fishery more than eight quarters). The data for 1964–1967 are not shown because during that period the area of fishing in the CYRA was still expanding and the cohort biomass estimates for those years are biased downward. During 1968–1971 the total biomass averaged about 350 thousand tons. This was comprised of a large proportion of older fish resulting from the above-average 1966 and 1967 recruitments which were exploited lightly as young fish. Below-average recruitment, coupled with increasing exploitation rates during 1969–1972, resulted in a decline in the biomass during 1972 and 1973 of both the younger and older fish. The lesser biomass of older fish persisted through 1974, whereas the abundance of smaller fish increased in 1974 as a result of an extremely large 1974 year class. That year class accounted for most of the increase in biomass of large fish in late 1975, all of 1976, and early 1977. The fifth-largest catch of yellowfin inside the CYRA in the history of the fishery was made during 1976. Below-average recruitment during 1976 and 1977, coupled with heavy exploitation of young fish from 1973 to 1982, resulted in the biomass of both young and old fish decreasing in 1982 to near the lowest levels observed. Although the 1978 and 1979 recruitments were high, the former exceeded only by that of 1974, so many of the fish were captured as 1- and 2-year-olds that they did not contribute heavily to the fishery in 1981 or 1982. The recruitment was about average in 1980 and 1981, below average in 1982, and above average from 1983 through 1988. The biomass increased in 1983 (Figure 74), due primarily to lesser fishing effort, and greatly increased in 1984 and 1985 due to good recruitment and reduced fishing on young fish.

The annual catches of fish of the X and Y cohorts, and of both cohorts combined, during 1968–1988 are shown in Figures 75 and 76. In Figure 75 each panel contains the catches of fish of different cohorts in the same year, whereas in Figure 76 each panel contains the catches of fish of the same cohort in different years.

Comparison of Figures 72 (annual estimates of the biomass of the X and Y groups), 74 (annual and quarterly estimates of the total biomass and the biomass of large fish), and 75 (catches during each year by age) reveals the changes which have taken place in the age composition of the population and the catch. During the 1970s, when the fishing effort was high, fewer and fewer individuals survived to reach the larger sizes. The fishing effort was reduced in 1982, 1983, and 1984, which permitted many fish which would have been caught while young to grow larger. The total contributions of each X and Y cohort to the fishery have been estimated for the 1968 through 1984 cohorts, using the data in Table 38, and these are shown in Figure 76. They ranged from 121 thousand tons for the 1972 cohort to 268 thousand tons for that of 1974, with an average for the 17 groups of 165 thousand tons. If the Y74 cohort had not been fished so heavily in its first year the catches for that cohort would have been even greater. Division of these cohort catches (1968–1984) by the corresponding initial estimates of recruitment (Table 37) gives yield-per-recruit estimates which varied from 4.2 to 7.6 pounds, (1.9 to 3.4 kg). The initial recruitment varied from 32 million to 92 million fish, averaging 55 million fish, and produced an average yield per recruit of 6.1 pounds (2.8 kg).

Yield-per-recruit analyses

In addition to age-structured biomass analyses, yield-per-recruit analyses have been used by the IATTC staff. If there exists a group of young fish which reaches catchable size at the same time (a cohort), at first its total weight increases because the growth in weight of the individual fish is rapid, while the losses to the cohort due to natural mortality are moderate. Later, as the fish grow older, their growth rate becomes slower, while the natural mortality continues to be about the same. Thus the losses to the total weight due to natural mortality at that time are greater than the gains due to growth, and there is a net loss to the total weight. Eventually the cohort disappears. The ideal way to obtain the maximum yield in weight from a cohort of fish (assuming, for this discussion, that this is the object of management) would be to harvest each fish just before it died a natural death. This is not possible, of course. The next best alternative would be to harvest all the survivors at the age or size at which the loss to the total weight by natural mortality exactly balances the gain to it by growth (the "critical age" or "critical size"). This is possible for some animals, such as oysters or clams which are exposed at low tide and can be easily harvested at that time. When the manager of a bed of oysters or clams surveys it at frequent intervals and removes the individuals which have reached the critical size he is exerting an infinite amount of fishing effort on the animals which have reached that size. It is obvious that this alternative is not practical for most species of fish.

Intuitively, it seems that if the second alternative is not possible harvesting should begin on fish which have not yet reached the critical size. This is the third alternative, and the only practical one for most species of fish. It is assumed, for the moment, that the age at entry (*i.e.*, the age of the smallest fish caught) can be efficiently controlled. If the fishing effort is high an age at entry only slightly below the critical age would be selected, most of the fish caught would be close to the critical age and size, and the yield would be almost as great as under the second alternative. If the fishing effort is lower an age at entry considerably below the critical age would be selected, the fish caught would exhibit a wider range of ages and sizes, and the yield would be considerably less than it would under the second alternative (but still the maximum possible without increasing the effort).

It may not be possible, however, to control efficiently the age at entry. If so, the only way to manage the fishery is to control the effort. If the age at entry is greater than the critical age unlimited effort can be permitted, but if the age at entry is less than the critical age restriction of the effort may increase the yield.

So far it has not been mentioned that at least some of the individuals of a cohort must be allowed to spawn at least once before they are harvested. If spawning occurs well before the fish reach the critical size there is probably no danger from this standpoint, but if spawning does not occur until after the fish have reached the critical size, and the fishing effort is high, there is a possibility that the number of spawners would be so reduced that the recruitment in subsequent years would be reduced. Therefore a fishing strategy designed to produce the maximum yield per recruit will not necessarily produce the maximum yield. If the fishing pattern has an impact on the future recruitment, the maximum yield will be obtained by controlling the fishing to optimize the cohort size and yield per recruit simultaneously. This will be discussed in more detail later. (It should not be assumed, however, that a modest reduction in spawners would reduce the recruitment in subsequent years, as this does not appear to be the case for most species of fish.) The yield-per-recruit model, as described here, does not take into account the possibility of changes in recruitment, but this is an integral part of production models, which will be discussed later.

Also, it has not been mentioned that the growth of the individual fish may be slower, or the natural mortality may be higher, when a population of fish is dense than when it is less dense. Accordingly, the loss due to harvesting of some fish at less than the critical size may be at least partially compensated for by faster growth and/or lower natural mortality of the remaining fish. In addition, if the growth or natural mortality rates are affected by population density the critical age

and size will vary according to population density. This is another complication not taken into account in the yield-per-recruit model as described here, but it is automatically compensated for in production models.

Proceeding now to yellowfin in the eastern Pacific Ocean, the estimates of growth and natural mortality obtained by the IATTC staff are not as reliable as desired, but the critical size is estimated to be roughly 111 cm (62 pounds or 28 kg). Most fish caught by the baitboat fishery are considerably smaller than this. As most of the tuna fleet converted from bait to purse-seine fishing in the late 1950s and early 1960s the average size of the fish in the catch increased, many of them being approximately equal to or greater than the critical size. The average annual catch of yellowfin increased considerably during the period after the conversion to purse seining, averaging about 103 thousand tons for 1961–1970, as compared to 83 thousand tons for 1951–1960. The offshore expansion of the fishery during the mid- and late 1960s was an important factor in these greater catches, but the increase in the average size of the fish caught was also partially responsible for the increased catches.

The objective of management specified by the IATTC convention is to obtain the average maximum sustainable yield (AMSY). The maximum yield per recruit is equivalent to the AMSY, provided recruitment is independent of the number of spawners, as discussed above. The estimated yields per recruit produced by different combinations of size at entry and fishing effort for two different time periods are shown in Figure 77. (Fishing effort will be discussed in more detail in the section entitled *Production models*.) Various combinations of fishing effort and size at entry give various yields per recruit, which are indicated by the curved lines. The calculations are based upon a coefficient of natural mortality of 0.8 (about 55 percent per year if there were no fishing mortality), the growth-in-weight data shown on page 52, and coefficients of fishing mortality (Table 39) obtained from the biomass estimates described in the previous section. (The X and Y groups were defined in the section entitled *Biomass analyses*.) During the 1977–1981 period the fishing effort was directed more or less equally toward small, medium, and large fish, whereas during the 1985–1986 period the effort was directed most toward large fish and least toward small ones. During 1988 the size distribution was similar to those during 1975–1977, containing a mixture of small and large fish. The effects of this shift can be seen in the length-frequency histograms in Figures 16 and 17 and the age-frequency histograms in Figure 75. The values on the horizontal scale of Figure 77 are multiples of the fishing effort during the years in question, *i.e.* 0.2, 1.0, and 2.0 represent values about one fifth of, equal to, and twice the average effort values for the respective time periods. With an infinite amount of effort the optimum size at entry would be 62 pounds (28 kg), the critical size, and the yield per recruit would be 8.3 pounds (3.8 kg). The sizes at entry which would produce the maximum yields per recruit for various multiples of fishing effort are shown in Figure 77 as dashed lines. These are called eumetric fishing curves. For the 1977–1981 case, it can be seen in Figure 77 that if the effort were to increase to about 1.5 times the 1977–1981 level and the size at entry to about 30 pounds (13.6 kg) the yield per recruit would increase to about 7.5 pounds (3.4 kg). For the 1985–1986 case the yield per recruit would increase to about 7.8 pounds (3.5 kg).

The above description contains the implicit assumption that alteration of the age at entry does not change the areal distribution of the fishing effort. This assumption would be justified if the fishery operated as follows. At first, when the age at entry was low, the vessels would search for schools of fish, finding some containing small fish and some containing large fish, and setting on both. Later, when the age at entry was increased, the vessels would search in the same manner as before, but would set only on the schools containing large fish. Hence the effort directed toward large fish would be the same in the second period as in the first. However, it is believed that if for any reason the age at entry for yellowfin were increased there would be a tendency for the fishermen to search less in the area-time strata containing mostly small fish and more in those containing mostly large fish, so the fishing effort on the large fish would most likely increase. In general, this would tend to

increase the yield per recruit more than indicated in Figure 77. It appears that this has happened in recent years.

The total yield is the product of the estimates of the yield per recruit and recruitment. For example, the yield per recruit (with fishing mortality equivalent to a multiplier of 1), determined from the lower edge of the upper or lower panel of Figure 77, is 5.5 pounds for the 1977–1981 period and 6.8 pounds for the 1985–1986 period. From the biomass analyses (pages 51–53) it was determined that the average yield per recruit was 6.1 pounds for the 1968–1984 cohorts. The yields obtainable with these yields per recruit and an initial recruitment of 64 million fish, the average for 1977–1987, are as follows:

Period	Yield per recruit (pounds)	Recruitment (millions of fish)	Yield (thousands of short tons)
1977–1981	5.5	64	176
1985–1986	6.8	64	218
1968–1984	6.1	64	195

The yield with the size-specific fishing mortality pattern of 1985–1986 is 24 percent greater than that with the pattern of 1977–1981. It was pointed out in previous Annual Reports of the IATTC that a shift of fishery effort from smaller to larger fish would increase the yields per recruit and catches. Such a shift did occur, and this resulted in increased catches during 1985, 1986, and 1987. The fishery took more smaller fish in 1988, however. If the greater catch of small fish in 1988 was the result of heavy exploitation of an average 1988 year class, that year class will probably not be able to support large catches in subsequent years. If the greater catch of small fish in 1988 was the result of a very large 1988 year class, however, that year class should contribute significantly to greater catches during 1989 and 1990. During the first quarter of 1989 the catch of 1988-year class fish as 2-year-olds has contributed substantially to the fishery. If this continues it will indicate a stronger-than-normal 1988 year class which should make a significant contribution to the catches in 1989 and 1990.

Production models

Production models, in contrast to age-structured models, make use of data on the population as a whole, rather than on individual fish. When a population of fish has not been exposed to a fishery it is at the maximum size that the environment permits. Lack of food, lack of suitable living space, presence of predators, *etc.*, prevent the population from growing beyond that maximum. When, over the long run, gains to the population by recruitment and growth are balanced by losses due to natural mortality the population is said to be in equilibrium. There may be years of especially favorable environmental conditions when the population is greater than average and years of especially poor environmental conditions when the population is less than average, but these can often be ignored when looking at long-term trends.

If one or more fishing boats began to fish on the population the catch per unit of effort (catch per day of searching, for example), which is assumed to be proportional to the size of the population, would initially be relatively high, as the population would be at its maximum. The gains to the population would still be due to recruitment and growth, but the losses to the population would be due not only to natural mortality, but also to fishing mortality. Thus the population would be reduced. In response to the reduction in population the rates of recruitment, growth, and/or natural mortality would change, the gains from the first two exceeding the losses from the third. If the boats stopped fishing this net gain would cause the population to increase gradually to its original size. As the population approached that size the rates of recruitment, growth, and/or natural mortality would gradually approach their previous levels until they were the same as before the fishery began.

The population would thus be restored to equilibrium at its maximum size. If the boats continued to fish at the same rate, however, the population would eventually come into equilibrium with different rates of recruitment, growth, and/or natural mortality and a population size which was less than the original population size. The catch per unit of effort (CPUE) would still be proportional to the population size. If there were only a few boats the population size would be only slightly reduced and the CPUE would be relatively high, but if there were many boats the population would be considerably reduced and the CPUE would be much lower.

The total catch would be the product of the CPUE and the total effort. If the fishing effort were relatively low, modest increases in effort would more than offset the corresponding decreases in CPUE, resulting in higher catches, but at higher levels of effort such would not be the case. At some intermediate level of effort the product would be at its maximum. If the objective of management is to obtain the average maximum sustainable yield (AMSY) of fish (which is the objective stated in the IATTC's convention) the fishing effort should be maintained at that level. If the object is maximum profit the effort should be somewhat less (assuming that the price remains constant), and if the object is maximum employment of fishermen the effort should be somewhat higher. If the effort is less than whatever optimum is selected, the population is said to be underfished, and if the effort is greater than that optimum, the population is said to be overfished.

It is easiest to consider the interrelationships of effort, catch, and CPUE at equilibrium conditions, but it must be recognized that such conditions are rarely present. For example, if the population is at equilibrium near its maximum and the effort is suddenly increased the CPUE will gradually decrease for a period before a new equilibrium point with a lower CPUE is reached. The catches will be greater during the period of transition than at the new point of equilibrium. Likewise, if the population is at equilibrium at a low level and the effort is suddenly decreased the CPUE will gradually increase for a period before a new equilibrium point is reached with a higher CPUE. The catches will be less during the period of transition than at the new point of equilibrium.

It is appropriate at this point to examine the applicability and usefulness of production models for the yellowfin resource of the eastern Pacific Ocean. The previous discussion has dealt with "a population of fish." Production models are not applicable unless the amount of interchange between the fish in the area of study and adjacent areas is relatively low. The extent of interchange of yellowfin between the CYRA and the area outside the CYRA (Figure 78) has been studied, and the results are discussed in previous Annual Reports of the IATTC. In summary, the results indicate that there is some intermixing of fish between the two areas, but not enough to invalidate the use of the model.

Assuming that production models are applicable, that fact can be detected only if (1) there are catch, effort, and CPUE data available for a wide range of levels of fishing effort, preferably including periods of both underfishing and overfishing, and (2) the perturbations caused by fluctuations in environmental conditions are not so great as to mask the changes in apparent abundance caused by fluctuations in fishing effort. It will be seen below that data are available for a wide range of levels of fishing effort. The effects of environmental conditions have been studied and reviewed in previous Annual Reports of the IATTC. As far as could be determined, these effects usually balanced out over fairly short periods of time, so it was decided that they could be ignored without invalidating the use of the model.

Effort has been mentioned, but so far no mention has been made of the fact that there are different kinds of effort, *i.e.*, baitboat, purse-seine, and longline effort, and effort by different sizes of vessels. In most cases the different kinds of effort data cannot simply be combined to obtain a value of the total effort. There are two alternatives. First, the data for only one type of gear, ordinarily the most prevalent one, can be considered. This will be called the standard type. The total catch by all types of gear, divided by the CPUE for the standard type, provides an estimate for the total effort in units of the standard type. Second, the efficiency of each type of gear relative to that of the standard

type can be estimated, and the standardized effort for each type can then be obtained by adjusting the raw effort data by the proper factors. Then the raw effort data for the standard type of gear and the standardized effort data for the other types can be summed to obtain the total standardized effort. The IATTC staff has used the first alternative and various combinations of the first and second alternatives. Unstandardized and standardized effort have been measured in days of fishing and standardized days of fishing, respectively, and the corresponding CPUEs have been referred to as catch per day's fishing (CPDF) and catch per standardized day's fishing (CPSDF). In this report only effort estimated by dividing the total yellowfin catch by the yellowfin CPDF of unregulated class-6 purse seiners (more than 400 tons capacity) is used except in the searching time model (Figure 79, middle panel), which will be discussed in the next paragraph.

The CPDF values for 1968–1988 are shown in the upper panel of Figure 79. In the middle panel of that figure is shown an index of abundance based on a “searching time” model (IATTC Bull., Vol. 19, No. 3) which is similar to the CPDF model. Biomass indices of the abundance of yellowfin, derived from the cohort analyses described previously, are shown in the lower panel of the figure. The trends for all three indices are similar, although the cohort index indicates greater abundance relative to 1970 than do the other two. Two of the indices show the population declining after 1986 and one shows it declining after 1987.

The high CPDFs shown in Figure 79, upper panel, indicate that the abundance of yellowfin in 1986 was at its greatest since the early 1970s, and has recently been declining. The increase was expected, due to the low catches in 1982 and 1983 which permitted the population to increase, and the current decline was also expected, due to the large catches during the 1985–1988 period. The CPDFs for 1984–1988 have been even higher than expected, however. This was probably caused by (1) above-average recruitment, (2) the fact that, due to the lower prices for skipjack and small yellowfin, less of the effort was expended in areas where skipjack occur, and (3) the larger average size of yellowfin taken, which resulted in a greater yield per recruit. With reference to point (2), it should be noted that the searching time model (Figure 79, middle panel), which includes an adjustment for the effect of fishing in areas where skipjack occur, shows a lesser increase in recent years than does the CPDF model (Figure 79, upper panel).

The symmetrical production model, described below, was first applied with baitboat catch, effort, and CPUE data for the period of 1934–1955, which furnished a wide range of effort on the underfishing side of the curve. These data indicated that, within the ranges of fishing effort for which data were available, the population conformed to the model. In 1960 and 1961, for the first time, the effort was greater than optimum, and the population responded in the ensuing years with lower CPUEs and catches, which gave further indication that the model was applicable.

Prior to the mid-1960s the fishery was pursued only in the inshore portion of the CYRA and in the vicinity of a few offshore islands and banks. During the mid- and late 1960s, however, the fishing fleet began to increase in size and extended its operations much further offshore. The inshore and offshore areas, termed Areas A1 and A2, respectively, are shown in Figure 78. If the interchange of fish between these two areas is instantaneous the AMSY of the two areas combined would be the same as that of Area A1 alone, but if there is no interchange the AMSY of the two areas combined would be the sum of the individual AMSYs of the two areas. Studies have shown that there is relatively slow interchange of fish between the two areas, so the AMSY for the entire CYRA is greater than that for Area A1, but less than the sum of the individual AMSYs. These studies have been described in more detail in previous Annual Reports of the IATTC.

As mentioned previously, data which encompass a wide range of effort are required to establish the AMSY and the corresponding effort and CPUE values. In 1968, after it had become apparent that the estimate of the AMSY calculated for Area A1 was not applicable to the entire CYRA, the Commissioners authorized the staff to undertake an experimental overfishing program so that an estimate of the AMSY for the CYRA could be obtained as quickly as possible. This was

necessary because the effort had been relatively constant during the few years since the offshore expansion of the fishery had begun. When levels of effort in excess of optimum were reached the catch would be reduced, or at least would fail to increase. Then the effort could be reduced to increase the catch eventually (assuming that it had previously been reduced), and so on, until a sufficiently good estimate of the AMSY was obtained. This takes quite a bit of time, however, due to the fact that the population does not respond instantly to changes in the fishing effort, and also because perturbations caused by environmental factors tend to make interpretation of the results more difficult. The experimental overfishing program remained in effect through 1979.

Regression techniques are used to obtain estimates of the parameters in the production models, using observed catch and effort data available for a number of years. One of these parameters is an estimate of the population biomass at the beginning of the first year. The population biomass at the beginning of year 2 is estimated by using the model, the catch in year 2, and the other parameter estimates. This process is continued sequentially for the remaining years. Estimates of the average population biomass for each year are obtained similarly.

With production models it is important to remember that the growth (positive or negative) of a population is determined by three factors, natural growth, natural loss, and catch. In any given year the catch is fixed, so whether the population increases or decreases is determined by its size at the beginning of the year. If, for any reason, natural factors cause the population to decrease more than predicted by the model, the predicted value for the beginning of the next year will also be greater than the actual value. This overestimation will continue until, for some reason, the population grows more rapidly than predicted by the model. The opposite would be the case if the population at first grows more rapidly than predicted by the model. There is a fundamental difference between underestimation and overestimation, however. When the population growth is less than expected the catches will be reduced and the model will predict changes which are less than the real changes. The catches will continue to be less than expected, but a catastrophic outcome will not be predicted. When the population is greater than expected the catches will be greater than expected, and the model will predict declines in the population which are greater than the actual changes. If large catches occur in several successive years the model may predict a complete collapse of the population even when it is at a safe level. This phenomenon is the result of the sequential process employed by the IATTC staff, and it probably manifested itself during the 1984–1988 period.

In the years previous to 1987 the estimation had been done without adjustments to compensate for the sequential nature of the estimation process, but by then it seemed necessary to make some sort of adjustment. The adjustment used to obtain the 1987 estimates was accomplished by interrupting the sequence of population estimates at 1985, and re-estimating the biomass by dividing the observed CPUE for 1985 by the estimate of the coefficient of catchability. This seemed like a reasonable adjustment, given that all three estimators shown in Figure 79 were high for 1985. The new procedure had minimal impact on the estimates of the parameters, but a great impact on the estimate of the 1987 population size.

Two analyses based on production models were discussed in the IATTC Annual Reports for 1986 and 1987. One of these employed the logistic or symmetrical model, for which it is assumed that the equilibrium relationship between catch and CPUE is linear. The other employed the generalized stock production model, for which the equilibrium relationship between catch and CPUE need not be linear. For both of these only the effort data estimated by dividing the total catch by the CPUE for Class-6 vessels (greater than 400 tons capacity) were used. For both of the fits the coefficient of catchability, q , was set equal to 0.000039, the estimate obtained previously with data for earlier years, implying that the catchability of the fish of the various ages has not changed with time. The data for these two curves are as follows:

Fit	<i>m</i>	<i>q</i>	Maximum sustainable yield in thousands of short tons	Sum of squares (x 10 ⁻⁹)
(1)	2.0	0.000039	174	2.224
(2)	0.8	0.000039	178	3.330

m is a parameter which controls the shape of the curve; 2 makes it symmetrical, values less than 2 make it skewed to the right, and values greater than 2 make it skewed to the left. The sum of squares is a measure of the goodness of fit of the points to the curve, lower values of the sum of squares indicating better fits and vice versa.

Based on production model analyses employing data for 1968–1985, it was stated in the IATTC Annual Report for 1985 that to bring the stock to its optimum size the 1986 catch should not exceed 224 thousand tons. However, because some estimates indicated a lesser amount than this, the 1986 maximum quota was set at 205 thousand tons. It can be seen in Table 40 that the 1986 catch was 253 thousand tons, and yet the indices of abundance do not show a decline during 1986. It was shown previously that the most likely reason for this unexpected increase in production is increased recruitment. Fluctuations in recruitment and changes in age-specific fishing mortality have always created difficulties in applying the results of production model analysis. As has already been stated, the recruitment was high in 1984–1987, and probably 1988 as well, and these high levels of recruitment, coupled with changes in age-specific fishing mortality, make short-term reliance on production model analyses alone misleading. For example, adding the 1986 and 1987 data to the 1968–1985 data base and re-estimating the production model parameters made little change in the estimates of AMSY and optimum effort, and over the long term both the symmetrical and asymmetrical models, with the adjustment discussed above, described the average potential production from the stock fairly well. When the data for 1988 are added, however, the need for a different explanation is obvious. The catch for 1988 was so great that the model predicted a population crash and extremely low catches per unit of effort in early 1989. This, obviously, did not happen.

During the three periods mentioned previously the estimated initial recruitments, average sizes, yields per recruit, potential yields, and annual catches were as follows:

Period	Initial recruitment (millions of fish)	Average size lbs (kg)	Yield per recruit (lb)	Potential yield (1000 tons)	Observed catch (1000 tons)
1968–1976	50	23 (10)	6.7	168	156
1977–1983	59	13 (6)	5.4	159	158
1984–1988	70	23 (10)	7.0	245	236

Since the potential yields during the first two periods were about the same (although for different reasons), fitting the production models to catch and effort data for 1968–1984 was accomplished without complications. As the potential production increased greatly during the last period, however, it has become impossible to explain the relationship between catch and effort by assuming that the population parameters remain constant. Accordingly, the data have been fit with two different sets of parameters, one for the data for 1968–1983 and one for the data for 1984–1988 (Figure 80). The results are as follows:

Period	<i>m</i>	<i>q</i>	Maximum sustainable yield in thousands of short tons	Sum of squares (x 10 ⁻⁹)
1968–1983	2.0	0.000039	174	0.1174
1968–1983	0.8	0.000025	165	0.3937
1984–1988	2.0	0.000039	293	0.0118
1984–1988	0.8	0.000039	288	0.0125

The predicted yields for the 1984–1988 period seem too high, based on the yield-per-recruit modelling, but only five years of data are available, and only the last four contribute to the fitting. The symmetrical model ($m = 2.0$) seems to give the better fit (Figure 81), although the yield-per-recruit model indicates the asymmetrical model ($m = 0.8$) should give better fits.

In Figure 81 the observed CPDFs are compared to the expected CPDFs computed from the model itself, using values for m of 2.0 and 0.8 and data for two different time periods. It can be seen that they correspond fairly well, on the average, over the series of years shown. In specific years there are wide divergences, however, particularly for $m = 0.8$. The reason for this is that the production models are essentially regression models which assume average conditions, and cannot reflect the effects of large, short-term changes in recruitment or age-specific mortality.

Status of the stock in 1988 and considerations for 1989

Inside the CYRA

Cohort analysis provides an estimate of the number and weight of fish of each age group in the fishery at the beginning of 1989. The estimate of recruitment for 1988 is preliminary and subject to change, however, as mentioned earlier. This is because the recruits have been exposed to the fishery only 1 year, and if their vulnerability to capture was above or below average the recruitment would have been over- or underestimated. This analysis provides an estimate of the catch in 1989, provided certain assumptions regarding the number of fish recruited, the fishing effort, and the age-specific fishing mortality during 1989 are fulfilled. The recruitment during 1988 and 1989 has been assumed to be above average and the fishing effort and age-specific fishing mortality to be the same in 1989 as they were during 1988. The results indicate that the catch during 1989 will be about 10 percent less than that of 1988 and that the abundance will decrease by about 19 percent. If the fishery reverts to catching primarily smaller fish, however, as was the case during 1979–1981, and as it started to do in 1988, the 1989 catch, with effort at the 1988 level, will decrease by about 35 percent. If the recruitment during 1988 and 1989 proves to be average or below average the 1989 catch would be less than predicted, of course.

The analysis for 1989 can be extended through 1992. Based on the biomass of fish at the beginning of 1989, and assuming stable age-specific fishing mortality similar to that of 1988 and recruitment at the 1984–1988 level, the catch should exhibit a downward trend from the current levels to about 265 thousand tons in 1989 and about 200 thousand tons by 1992. With this regime the population of fish by the end of 1992 should be near its optimum level (Figure 82), and would continue to sustain catches at about that level, providing the recruitment, fishing effort, and age-specific fishing mortality do not change. Of course, to predict the catches so far in the future is highly risky, as both recruitment and age-specific fishing mortality are highly variable.

The yield-per-recruit analyses have demonstrated that the yield per recruit is about 24 percent greater when the vessels concentrate on larger fish, as during 1985–1986, than when they direct their efforts more toward smaller fish, as during 1977–1981. The yields per recruit for two different patterns of age-specific fishing mortality are shown in Figure 83. The dashed line was

computed using the age-specific fishing mortality observed during 1985–1986, and the solid line shows the yield per recruit using the age-specific fishing mortality experienced during 1977–1981.

The effects of two different levels of recruitment, those for 1984–1985 (“high”) and 1967–1986 (“average”), combined with the age-specific fishing mortality of 1985–1986, are shown in Figure 84. It can be seen that the yield with high recruitment is about 35 to 40 percent greater than with average recruitment, with multipliers of fishing effort greater than 0.75.

The combined effects of high recruitment and age-specific fishing mortality similar to that of 1985–1986 *versus* average recruitment and age-specific fishing mortality similar to that of 1977–1981 are shown in Figure 85. In this instance the yield in the first case exceeds that for the second case by about 55 to 80 percent, with multipliers of fishing effort greater than 0.75.

Production models for which the parameters were estimated with the 1968–1983 data indicate that the stock of yellowfin would be reduced to an extremely low level by the beginning of 1989, due to the large catches made during 1985–1988. The same models allow for virtually no catch during 1989. Obviously, these estimates are not representative of conditions in the fishery. Age-structured analyses demonstrate that major changes in age-specific fishing mortality and recruitment have occurred during the last four years, and these have caused the production from the stock to be much greater than predicted by the model parameters for 1968–1983. If it is assumed that the data during the most recent years represent current conditions in the fishery, and the parameters of the production model are re-estimated as described previously, the expected catches correspond much more closely to the observed catches. The re-estimated parameters of the model predict that the equilibrium catch for 1989 should be approximately 280 thousand tons. As the stock size is predicted to be somewhat greater than optimum, the 1989 catch could exceed 280 thousand tons without decreasing the stock size below the optimum. This would result in CPDFs of about 14.3 tons.

It is estimated that the recruitment has fluctuated by a factor of about 3, and over the observed range of data for the fishery it does not appear to be related to the stock size (Figure 86). This adds to the difficulties in making short-term predictions using production models. If the predictions from this model are to be improved it is necessary to use information about the recruitment. It would be best to be able to predict the recruitment a year or two in advance. One of the reasons the Commission's laboratory at Achotines, Panama, was established was to obtain information which will make it possible to predict the recruitment of yellowfin, but useful information will not be available in the near future. As was reported in the IATTC Annual Report for 1985, fluctuations in recruitment seemed to be related to major changes in the ocean environment. The estimates of recruitment derived from the cohort analyses and presented in Table 37 show strong positive anomalies in recruitment in 1971, 1974, and 1978. These increases in recruitment were preceded by El Niño conditions in 1969, 1972, and 1976. On the basis of this relationship, it was not unexpected that there would be an increase in recruitment following the strong 1982–1983 El Niño, and indeed there was. Another El Niño, weaker and less widespread, occurred in 1986–1987. Thus from 1982 through 1986 the waters in the eastern Pacific were generally warmer than normal. The recruitment during the 1984–1988 period has been the greatest on record for a 5-year period. The mechanisms underlying the relationship between El Niño episodes and increased recruitment are not understood, but may be related to the factors that affect survival of young fish in the area of the fishery or to changes in the rate that eggs, larvae, and postlarvae drift into or out of the eastern Pacific with major ocean currents. These currents change speed, and in some cases even direction, during El Niño conditions. Since the effect of an El Niño episode is not seen in the fishery until about 2 years after the event occurs, if the relationship persists it will be a useful indicator of positive changes in recruitment.

In summary, evaluating the effect of fishing on the abundance and yield of yellowfin in the eastern Pacific is difficult. Using the production models alone provides tenuous results, so the staff has combined the results of three different models, cohort, yield-per-recruit, and production, to

arrive at what are believed to be the best conclusions. However, the predictive capability of such analyses is subject to a high level of error. The staff is continuing to explore alternative analytical techniques to arrive at the best estimates possible of the productivity of the yellowfin stock.

The abundance of yellowfin is determined by three factors, recruitment, age-specific fishing mortality, and catches.

With regard to the first factor, at this time it appears that recruitment is determined solely by natural factors, though it is conceivable that in the future it may be shown that very high fishing mortality or severe pollution can reduce the recruitment.

Proceeding now to the second factor, it is theoretically possible to alter the size composition of the catch. This latter point has been made on numerous occasions, but no recommendations have been made for protecting the smaller fish. However, the catches of small fish have decreased during 1985–1987, as was pointed out previously. This change in size composition of the catch was due to lesser demand for small fish, and there is no assurance that this situation will continue. In fact, as mentioned earlier, the catch of smaller fish was greater in 1988 than it had been during 1985–1987. There are several methods which could be used to reduce the catches of small fish. First, the fishing effort could be reduced. Second, a minimum size limit could be set. Third, if small fish are predominant in certain areas during certain seasons fishing in those areas at those times could be restricted. Fourth, assuming that a system of annual closures could be reinstituted, the opening date of the season could be shifted so as to reduce the amount of fishing during some period when small fish are most abundant in the catch.

With regard to the first approach, it has been pointed out that reduced fishing during the 1982–1984 period has increased the average size of the fish in the population, which has increased its productivity. Further decreases in effort would probably not increase the catch, however, unless the size composition of the stock became severely altered by heavy fishing on smaller fish.

With regard to the second approach, analyses of size composition data show that in general there is a high incidence of small fish mixed with larger fish and of skipjack mixed with small yellowfin. This would make the problem of protecting small yellowfin difficult because these might be caught in large numbers by vessels attempting to catch larger yellowfin and skipjack. If these small yellowfin could not be landed they would be thrown back into the sea dead, and the yield per recruit would be decreased, rather than increased.

With regard to the third approach, closure of areas where small yellowfin are most abundant might increase the yield per recruit of yellowfin, provided the fleet was able to operate successfully in large-fish areas, but the decrease in catches of skipjack would probably exceed the increase in catches of yellowfin, since skipjack are most abundant in the areas where small yellowfin are most abundant.

With regard to the fourth approach, it does not appear as though shifting the opening date of the season would be beneficial. During the earlier years of the period during which annual closures were in effect, when most of the fishing effort took place during the first half of the year, only small catches were made of Y-cohort fish entering the fishery for the first time at about 3.4 to 6.8 pounds (1.5 to 3.1 kg) during the second half of the year. It was thought that this was due mostly to the lack of vulnerability of the fish of this group to the fishery. During the later years, however, there was heavy fishing during the second half of the year, and the catches of the entering Y-cohort fish increased substantially. Therefore, the benefits of shifting the season may not be as great in protecting the younger fish as originally hoped.

The staff cannot recommend any of the above measures at this time because the effect of such regulations on the actual catches (not landings) of small fish cannot be predicted.

With regard to the third factor, the IATTC staff has recommended only catch quotas for regulation of the fishery. The foregoing analyses demonstrate that the stock of yellowfin in the CYRA is probably above the optimum level and that the catch during 1989 should be about 5 to 10 percent

less than that of 1988, or about 265–280 thousand tons. With the current fishing capacity available in the eastern Pacific there is little or no danger of overfishing, but the staff recommends a minimum quota of 220 thousand tons, with provision for increasing it at the discretion of the Director by two increments of 30 thousand tons each.

Outside the CYRA

The fishery has operated in the area outside the CYRA (Figure 78, Area A3) since 1968 (Table 40). Relatively little fishing takes place there during the first half of the year, primarily because of bad weather. By the time the weather improves in May–June, or soon thereafter, the CYRA has in many years been closed to unrestricted fishing, and many of the larger vessels of the international fleet have moved to the area outside the CYRA. Tagging experiments have indicated that the rate of mixing between this area and the CYRA is low, so the yellowfin of the area outside the CYRA, to date, have been considered separately from those of the CYRA.

In 1969 the CPDF was greater than 20 tons, but during the 1970–1984 period the CPDFs were fairly constant, between 7 and 13 tons (Figure 87, upper panel). In 1985 the CPDF increased to nearly the 1969 level and the 1986 value surpassed it, but in 1987 the CPDF decreased, and in 1988 it decreased even further. The upward trend in the CPDFs for 1983–1986 matches that for the CYRA (Figure 79, upper panel). It is believed that this is because the same factors which affected the CPDFs inside the CYRA affected those outside the CYRA in the same way. In 1969, 1970, and 1971 the effort was less than 2.9 thousand days and the catches less than 31 thousand tons (Figure 87, lower panel). During the 1972–1976 period the effort and catches were nearly constant, the former between 3.5 and 4.2 thousand days and the latter between 41 and 51 thousand tons. During 1977–1984, due apparently to reduced effort, the catches averaged only about 20 thousand tons, but the CPDFs were down only slightly from those for 1970–1976. During 1985 the effort was the lowest it had been since 1969, but the CPDF was very high. In 1986 the effort increased and, with the very high CPDF, the catch was the greatest since 1976. The 1987 values for catch and CPDF were about the same as those for 1985. During 1988 both the effort and the CPDF decreased somewhat, which resulted in a decreased catch, of course. In the lower panel of Figure 87 it is clear that, with the exception of 1986, the catch in the area outside the CYRA has remained proportional to the effort. Because the effort has been moderately low in recent years, and remained so during 1988, and because the factors affecting the recruitment in the CYRA probably also affect the area outside the CYRA, there does not appear to be any biological reason for placing limits on the catch or the intensity of fishing outside the CYRA.

The average size of the fish caught outside the CYRA declined from about 63 pounds (29 kg) in 1972–1976 to about 27 pounds (12 kg) in 1979–1983, then increased to about 65 pounds (29 kg) in 1984, and stayed about the same in 1985 (Figure 88). In 1986 the average size increased to about 76 pounds (34 kg), and in 1987 it reached 89 pounds (40 kg), the greatest average weight ever recorded. In 1988 the average weight decreased to 59 pounds (27 kg), about the 1984–1985 level. The general decline through 1983 could be due to increased fishing mortality, but it could also be due to changes in fishing techniques, *i.e.* more fishing on schools associated with flotsam and less on schools associated with dolphins. The increase during 1984–1987 was probably due to the decreased catches in 1982–1985, which permitted the fish to grow larger. The fishery in the area outside the CYRA should continue to be closely monitored to evaluate the various possibilities.

SKIPJACK

The world catches of skipjack have exceeded those of any other species of tuna for many years. However, due to lesser catches of skipjack and greater catches of yellowfin and bigeye in 1985, 1986, and 1987, the proportion of the catch of the principal market species (skipjack, yellowfin, bigeye,

albacore, and northern and southern bluefin) which was skipjack decreased from 50 percent in 1984 to 42, 45, and 44 percent in 1985, 1986, and 1987, respectively. In the Pacific Ocean 50, 51, and 47 percent of the catches in 1985, 1986, and 1987, respectively, were skipjack, as compared to 57 percent in 1984. The world catches of skipjack by area are shown in Figure 89. It is apparent that the catches in the Pacific are much greater than those in the Atlantic and Indian Oceans and that the catches in the western and central Pacific are much greater than those in the eastern Pacific. The catches in the eastern Pacific, except for those of the 1975–1981 period, which were higher, have remained at about the same level during the 1965–1988 period, while those of the other areas have more than doubled.

Substantial fisheries for skipjack occur in the northeastern Pacific near Baja California, the Revillagigedo Islands, and Clipperton Island and in the southeastern Pacific near Central America, northern South America, Cocos Island-Brito Bank, and the Galapagos Islands. The area of very warm water off southern Mexico which separates the two areas is usually nearly devoid of skipjack, but in some years, such as 1956, the distribution of skipjack has been continuous from north to south. The fishery for skipjack in the eastern Pacific tends to take place closer to shore than that for yellowfin, but in recent years greater portions of the skipjack catches have been made further offshore. In the central Pacific there are lesser fisheries for skipjack near the Hawaiian Islands and French Polynesia (the Marquesas, Tuamotu, and Society Islands). Further to the west, near Fiji, Indonesia, Japan, New Zealand, Papua New Guinea, the Philippines, the Solomon Islands, and many other islands, there are more substantial fisheries for skipjack.

The catch of skipjack in the eastern Pacific varies considerably from year to year (Figure 89). During the late 1950s large catches of skipjack were made south of 5°S, and from the late 1950s to the early 1970s large catches of this species were made close to shore off Ecuador and northern Peru. During the early 1970s, however, the center of abundance of the southeastern group seemed to shift to waters off Colombia and Central America, and then during the early 1980s it seemed to shift back to Colombia and Ecuador. In 1988 substantial catches were made off Central America (Figure 5).

The size compositions of skipjack samples taken in the eastern Pacific during 1983 through 1988 are shown in Figure 19. Differences among years are apparent; the fish were smaller during 1988 than during 1985–1987.

Population structure

It is of fundamental importance to determine whether the skipjack occurring in the Pacific Ocean belong to one or more than one subpopulation and, if the latter is the case, where the different subpopulations occur and how their distributions vary with time and age. This problem has been studied by various methods, including analyses of catch statistics, life history, tagging, and biochemical genetic data. Research in these fields has been conducted by many organizations, including the IATTC, the South Pacific Commission (SPC), the U.S. National Marine Fisheries Service (NMFS), and various organizations in Japan. The research results pertinent to a solution to this problem were examined at a workshop of fisheries biologists and population geneticists sponsored by the SPC in 1980, and the conclusions reached at that meeting were discussed in detail in the IATTC Annual Report for 1984. In summary, there are two principal hypotheses for skipjack in the Pacific Ocean. The separate subpopulation hypothesis states that there are two or more genetically distinct subpopulations of skipjack in the Pacific Ocean, and the clinal hypothesis states that separate subpopulations of skipjack do not exist in the Pacific Ocean, but there is isolation by distance, *i.e.* the probability of any two fish interbreeding is an inverse function of their distance from one another. It was concluded at the workshop that the data presently available do not favor either the clinal or the separate subpopulation hypothesis.

The IATTC Annual Report for 1984 includes a discussion of the population structure of

skipjack in the eastern Pacific and their relationship with those in the rest of the Pacific. Tagging has shown that there is little mixing of fish between the northern Mexico and northern South America-Central America areas. The catches of skipjack in the northeastern and southeastern areas are moderately well correlated with one another, however, although in some years, for example 1970, the catch has been above average in one area and below average in the other (Figure 90). Examination of all the available data leads to the conclusion that the skipjack of northern Mexico and northern South America-Central America are parts of a single group inhabiting an arc-shaped area with its tips at those two areas, and that the fish at the ends of the distribution mix at least to some extent on the spawning grounds of the central and/or western Pacific.

Abundance

Studies have been underway, on a modest scale, for several years to determine the effects of environmental conditions on the abundance, availability, and vulnerability to capture of skipjack in the eastern Pacific Ocean. One such study, described in previous Annual Reports of the IATTC, involves analysis of the relationship between the apparent abundance of skipjack in their second year of life in the eastern Pacific Ocean and (1) the average sea-surface temperature in the area of the Pacific Ocean between 135°W and 180° with sea-surface temperatures exceeding 82°F (27.8°C), and (2) the wind-mixing index (the cube of the average wind speed, which is roughly proportional to the degree of mixing caused by wind in the upper layers of the ocean) in this area.

The first analysis was performed because there is a high positive correlation between the concentration of skipjack larvae in zooplankton net tows and temperature, and it was reasoned that more spawning or better survival of the larvae might occur in warmer years. The second was performed because the survival of skipjack larvae may depend upon the degree of mixing of the upper layers of the ocean. Investigations conducted at the U.S. NMFS Southwest Fisheries Center in La Jolla indicate that in the California Current concentrations of food suitable for first-feeding larval anchovies tend to occur in aggregations and well-defined layers. Upwelling and mixing disrupt the layering and disperse the food organisms, so that many of the larvae are unable to obtain sufficient food for survival. It appears that strong year classes of anchovies are associated with weak winds during the larval stages, and vice versa. It was thought that this effect might also occur in the skipjack spawning areas of the central Pacific. There was a significant relationship between skipjack abundance and sea-surface temperature, and a highly-significant correlation between skipjack and the wind-mixing index, with this index accounting for 46 percent of the variability in the apparent abundance of skipjack in the eastern Pacific in their second year of life.

In addition, investigations of the possible relationship between the apparent abundance of skipjack in their second year of life in the eastern Pacific and the strength of the eastward-flowing North Equatorial Countercurrent have been conducted. If skipjack use this current in their migration it would be expected that young fish would be carried to the eastern Pacific in greater than average numbers when the current is stronger and in less than average numbers when it is weaker. No significant correlation was found, however, between skipjack abundance and indices of current speed.

On the whole, the results of the IATTC staff's attempts to relate the apparent abundance of skipjack with environmental conditions suggest that this relationship is complex and not obvious. Some of the problem might be resolved if biological and statistical studies could be made for the entire population unit(s) which contribute(s) to the eastern Pacific fishery instead of the portion of it (or them) which inhabit(s) the eastern Pacific Ocean during part of the life span. Usable catch, effort, and CPUE data are available for some parts of the Pacific population unit(s), but not for others. Also, there is the problem of separating the catches of fish of the population unit(s) which contribute to the eastern Pacific fishery from those which do not.

Age-structured models

The yield-per-recruit approach to age-structured modelling has been discussed earlier in this report for yellowfin. The skipjack and yellowfin populations in the eastern Pacific are somewhat different, however. The natural attrition of yellowfin consists only of natural mortality, whereas that for skipjack consists of both natural mortality and emigration to the central and western Pacific. The combined annual rate of natural mortality and emigration for skipjack is estimated from length-frequency and tagging data to be roughly 75 to 90 percent per year, as compared to approximately 55 percent for the natural mortality of yellowfin.

Length-frequency and tag return data have been used to estimate the rate of growth of skipjack. As compared to yellowfin, it is much more difficult to follow the progressions of modal groups because the modal lengths vary so erratically from month to month. Recruitment from the central Pacific and emigration in the opposite direction is obviously largely responsible for this, but it also appears that the vulnerability of groups of fish of different sizes varies considerably from month to month within the eastern Pacific Ocean. Tagging data are also useful in this respect, although most of the returns are from fish which have been at liberty only short periods of time, and thus are of limited value. A recently-completed study (IATTC Bulletin, Vol. 19, No. 4) furnishes estimates of the linear growth rates and the parameters of the von Bertalanffy growth equation which are proving useful for studies of age-structured models.

The yields per recruit for skipjack with various combinations of natural attrition (natural mortality plus emigration), fishing effort, and size at entry are shown in Figure 91. The IATTC staffs estimates of age-specific fishing mortality for 1986–1987, growth, and natural attrition have been integrated to obtain the calculations which form the basis for this figure. The sources of the growth-in-weight data were as follows:

Computation	Equation	Source
growth in length	24 cm per year	IATTC Bulletin, Vol. 19, No. 6
length-weight relationship	$\log_{10} w = 3.02 \log_{10} l - 7.41$	IATTC Bulletin, Vol. 3, No. 7

Instantaneous annual rates of natural attrition of 1.5 (about 78 percent) and 2.0 (about 86 percent) were used. The values in the horizontal scale are multiples of the fishing effort, *i.e.* 0.5, 1.0, and 2.0 represent effort values half of, equal to, and twice the actual effort values for 1986–1987.

Various combinations of fishing effort and size at entry give various yields per recruit, which are indicated by curved lines. For example, if the size at entry is fixed at 40 cm (about 2.7 pounds or 1.2 kg) the yield per recruit with a multiplier of 1 is about 1.58 pounds (0.72 kg) in the upper panel and about 0.85 pounds (0.39 kg) in the lower panel. In the upper panel sizes at entry of about 40 cm with a multiplier of 1 or about 48 cm with a multiplier of 2 to 3 would produce the maximum yield per recruit. In the lower panel the yields per recruit are greatest with sizes at entry of 30 cm or less. In general, fishing effort considerably greater or ages at entry considerably less than has been the case so far in the eastern Pacific Ocean would be required to overfish the population in the yield-per-recruit sense. This is because the losses to the total weight of a cohort of fish by natural mortality and emigration exceed the gains to it by growth, even when the fish are less than 50 cm long and presumably growing rapidly.

Production models

Production models, based on indices of abundance of the fish, have been described earlier in this report for yellowfin. It was pointed out that models of this type are not applicable unless the fish in question belong to a discrete population, *i.e.* there is relatively little interchange between the fish

in the area under consideration, in this case the eastern Pacific Ocean, and those in other areas where the species in question is exploited, or the exchange rates among subpopulations are known. Neither of these requirements is met, as tagging has demonstrated interchange of fish of the eastern, central, and western Pacific Ocean (Figure 92), but the exchange rates are not known. Most of the skipjack caught in the eastern Pacific are taken relatively near the coast, and most of these are apparently are the result of spawning in the central and/or western Pacific, which may also supply skipjack to the offshore portions of the eastern Pacific, the central Pacific, and the western Pacific. Thus the amounts caught in the eastern Pacific may be determined by either the portions of juveniles hatched in the central and/or western Pacific which migrate to the eastern Pacific or the abundance of juveniles in that or those areas. In the absence of definition of the population being exploited, production modelling is of little or no value for skipjack in the eastern Pacific fishery.

Considerations for 1989

The yield-per-recruit model does not indicate any need for the management of skipjack. This model, with a natural attrition value of 2.0, indicates that the maximum yield per recruit from adolescent skipjack in the eastern Pacific Ocean can be obtained by fishing the individuals over about 30 cm in length as hard as possible. Conceivably this could reduce the recruitment in subsequent years, but this seems unlikely from what is known of the spawning behavior and population structure.

It is reasonably certain that skipjack are underfished in the eastern Pacific Ocean and that this situation will continue in the foreseeable future. Nevertheless it is important, for at least two reasons, to learn more about this species and its relationships with the environment. First, such knowledge may make it possible to predict the abundance of skipjack in the eastern Pacific several months ahead of time, which would be of great value to fishermen who must decide in advance whether to fish in the eastern Pacific or elsewhere. Second, knowledge of the environmental conditions favorable to the existence of skipjack, coupled with understanding of the dynamic processes of the ocean, could make it possible to predict where and when skipjack are likely to be caught, which should increase the efficiency of the fishing fleet. A wide variety of information on skipjack and its relationships with the environment has recently been analyzed, and the final draft of a major report on this subject was completed during 1988. This will be published in 1989.

NORTHERN BLUEFIN

Northern bluefin occur in both the Atlantic and Pacific Oceans. The world and Pacific Ocean catches of northern bluefin are much less than those of skipjack, yellowfin, bigeye, or albacore, but the fishery is still of considerable economic value. The annual catches of northern bluefin in the Pacific Ocean for the 1951–1988 period are shown in Figure 93. Surface gear accounts for the majority of the catches in both the eastern and western Pacific. In the western Pacific the catches were well above average during 1978–1983, were relatively poor in 1984, and then improved in 1985 and 1986. In the eastern Pacific the catches were poor during 1980–1984, improved in 1985 and 1986, and were poor again in 1987 and 1988.

In the eastern Pacific nearly all of the catch is made by purse seiners fishing relatively close to shore off California and Baja California. The fishing season typically extends from late May to mid-October, although sporadic catches are made in other months. The 1988 catch was about 1,500 tons, which was about 400 tons more than the 1987 catch, but the fifth lowest catch since 1951. In 1988 the area of bluefin catch extended from 24°N to 35°N. Fish were caught from June through December, but more than 80 percent of the catch was taken during June, July, and August.

The staff of the IATTC has been studying bluefin on a modest scale since 1973. Prior to 1979 staff members collected logbook data and measured samples of fish caught by purse seiners in the eastern Pacific to determine their length compositions. Since 1979, however, more has been done. In 1979 a review of information pertinent to stock assessment of this species was prepared (IATTC Internal Report 12). Parts of that review are summarized in the IATTC Annual Report for 1979. Also, data on the surface catches of bluefin in the eastern Pacific by area, date, vessel size class, size of school, type of school, *etc.*, were assembled, analyzed, and published in 1982 in IATTC Bulletin, Vol. 18, No. 2. A scientist from the Far Seas Fisheries Research Laboratory (FSFRL), Shimizu, Japan, spent the period of September 1988–January 1989 at the IATTC headquarters in La Jolla, where he collaborated with an IATTC staff member in studies of bluefin. This work is summarized in the section entitled *Bluefin studies*.

Histograms of the estimated tons of bluefin caught by 2-cm intervals in the eastern Pacific Ocean for 1983–1988 are shown in Figure 20. Fish 178 to 198 cm in length (about 230 to 310 pounds or 105 to 140 kg) were caught near Point Conception, California, in October 1986. During the October 31–December 31, 1988, period large bluefin were caught around the Channel Islands, off Southern California. Many of these fish weighed more than 300 pounds (136 kg), and the largest weighed 1,009 pounds (458 kg). The previous published record for the eastern Pacific was for a fish weighing 237 kg (522 pounds) caught off Southern California in December 1981, but a 555.5-kg (1,225-pound) northern bluefin is reported to have been caught by a Japanese longliner in the western Pacific. The total weight of bluefin caught off Southern California during the October 31–December 31, 1988, period was only 144 short tons, but these fish were of considerable economic value, as immediately after they were caught they were flown to Japan, where high prices are paid for fresh bluefin.

Spawning of bluefin in the Pacific Ocean is known to occur only in the vicinity of Japan. Some fish apparently remain their entire lives in the western Pacific. Others migrate to the eastern Pacific, perhaps mostly or entirely during their first or second years of life. Those which migrate during their first year are exposed to the summer and fall troll fisheries for small bluefin and other species off Japan before beginning their journey to the eastern Pacific in the fall or winter. Those which migrate during their second year are also exposed to the winter troll fishery and other fisheries which take place in the vicinity of Japan before beginning their journey to the eastern Pacific in the spring, summer, or fall. The migrants, after crossing the ocean, are fished by purse seiners off California and Baja California.

Fish less than about 100 cm in length, which make up the bulk of the eastern Pacific catch, may or may not leave the eastern Pacific Ocean each fall or winter. Bluefin of that size are seldom caught in the eastern Pacific during November–April, which might indicate that they have left that region. They probably do not go all the way to the western Pacific, however, as no tagged fish released in the eastern Pacific have been recaptured in the western Pacific after less than 674 days at liberty; if most of them migrated to the western Pacific each fall or winter and back to the eastern Pacific each spring some would probably have been recaptured in western Pacific in the winter or early spring after less than about 100 to 150 days at liberty. Also, the energy costs of making such a long migration are so high that it would probably not be feasible for a fish to make two such migrations each year for several years.

After a sojourn in the eastern Pacific, which may or may not be interrupted by temporary visits to the central or western Pacific, the survivors return to the western Pacific, where they eventually spawn. The length of the sojourn in the eastern Pacific is not known, but it is certain that some fish stay at least 2 years, as fish tagged in the eastern Pacific have been recaptured there after as long as 2 years at liberty. Fish of at least 6 or 7 age groups are caught in the eastern Pacific, so it is possible that some fish stay in that region for at least 5 or 6 years.

Large fish are occasionally caught in the eastern Pacific Ocean, especially in the vicinity of Guadalupe Island, Mexico, and the Channel Islands, off Southern California (see above). The largest

of these are almost certainly over 10 years old. These have not necessarily resided in the eastern Pacific Ocean since they were about 1 1/2 to 2 years old. They may have arrived for the first time shortly before they were caught, or they may have made more than one round trip across the Pacific. It seems unlikely that all the large fish could spawn in the western Pacific each year, however, as some have been caught in the eastern Pacific during the spawning season.

The staff of the IATTC is concerned about the poor catches of bluefin in the eastern and western Pacific in some years, and particular attention is being given to the poor catches in the eastern Pacific during 1980–1984 and 1987–1988. This could be due to (1) a decrease in the overall abundance of fish greater than about 60 cm in length caused by heavy exploitation of fish in their first year of life off Japan, (2) reduced fishing effort in the eastern Pacific, (3) a decrease in vulnerability to capture of the fish which have migrated to the eastern Pacific, and/or (4) a decrease in the availability of bluefin in the eastern Pacific (*i.e.* a decrease in the proportion of the population which has migrated to the eastern Pacific or a shorter average sojourn in the eastern Pacific of the fish which have made that migration).

In regard to Point 1 above, unpublished data of the FSFRL for the age composition of the catch of bluefin during 1966–1986 by Japanese vessels indicate that there has not been a decline in the catches of fish older than age-0+ nor an increase in the proportion of age-0+ to older fish, which seems to rule out the first possibility.

Proceeding now to Point 2, the numbers of smaller purse seiners, which previous to the late 1970s had been responsible for most of the bluefin catches in the eastern Pacific, have been declining during the late 1970s and the 1980s. The catch and effort data should be examined in such a way that it can be determined to what extent the decline in the catches is due to declines in effort by vessels of various sizes. Accordingly, for the area north of 23°N and the May–October periods for 1975 through 1987, tabulations were made of (a) the tons of bluefin caught, (b) the numbers of purse-seine sets, (c) the proportions of those sets which caught bluefin, (d) the tons of bluefin caught per successful bluefin set, and (e) the percentages of bluefin caught off Mexico and the United States. Virtually all of the bluefin catches are made north of 23°N, and the great majority are made during the May–October period. The 1975–1987 period includes years of normal and below-normal catches. Some results obtained from manipulation of these data are shown in Figure 94. The greatest decline has been for catch (except for Class-2 and -3 vessels). The numbers of sets have declined by about 50 percent for Class-3, -4, and -5 vessels, while the average catches per successful bluefin set have remained about the same. The proportions of the sets which caught bluefin were greater in 1985 and 1986 than in the other years with average to better-than-average bluefin catches, 1975–1980 and 1982. The proportions of the catches taken off Mexico and the United States remained about the same for each vessel size class during the period under consideration. From these data it appears that most of the decrease in catches of bluefin is due to lesser vulnerability or availability to capture of this species, with declining effort playing a lesser role.

In regard to Point 3, there is no obvious reason to suggest that the vulnerability to capture of the fish in the eastern Pacific has been declining, so this possibility has been discounted until evidence to the contrary is produced.

Proceeding finally to Point 4, the catch-at-age data discussed in the section entitled *Bluefin studies* indicate a negative correlation between the eastern Pacific catches of fish of all ages and the western Pacific catches of 2-year-olds. Also, the tagging data summarized in the same section indicate that 2-year-old bluefin were more available in the eastern Pacific in 1985 and 1986 than in other years, and that the best catches of the 1980–1988 period were made during those years. Length-frequency data for the eastern Pacific provide information on the length of the average sojourn in that area. The proportions of smaller and larger fish in the eastern Pacific catches were about the same during the poor years, 1980–1984 and 1987–1988, as during other years, which indicates that the average sojourn in the eastern Pacific has not decreased.

The above information suggests at least three high-priority research items. The first is further studies of population structure. The tentative conclusion that there is a single major population from which different proportions migrate to the eastern Pacific in different years needs further investigation. If this conclusion is confirmed, attempts should be made to determine what oceanographic conditions influence the migration of fish from the western to the eastern Pacific. Also, it would be great interest to know if the bluefin hatched in the Sea of Japan are genetically distinct from those which are hatched south of Japan. Further knowledge might be obtained from biochemical genetic studies, but such studies could be time-consuming and expensive to carry out. The second is further study of catch, length-frequency, and age data for the western and eastern Pacific fisheries and analysis of these on a Pacific-wide basis. The third is performance of a yield-per-recruit analysis. This has been done, using only the data in Table 41. The sources of the growth-in-weight data were as follows:

Computation	Equation	Source
growth in length	$l_t = 219(1 - e^{-0.211t})$	IATTC Ann. Rep., 1984: 258
length-weight relationship, through May of the third year of life	$\log_e w = 3.40 \log_e l - 20.1$	IATTC Ann. Rep., 1980: 39
length-weight relationship, after May of the third year of life	$\log_{10} w = 2.78 \log_{10} l - 7.67$	California Department of Fish and Game, unpublished data

The coefficient of natural mortality was set at 0.6 on an annual basis, and the coefficients of fishing mortality for the various fisheries were assigned on the basis of what is known of the catches from catch statistics and tag returns. Yield-per-recruit isopleths derived from these data are shown in Figure 95. The results of these analyses indicate that at what are believed to be approximately the current levels of fishing effort the yield per recruit would increase if the age at entry into the fishery were increased to about 15 to 18 months (about 51–59 cm). It is hoped that additional data can be obtained to pursue these investigations further.

BIGEYE

Data on the catches of bigeye in the Pacific Ocean are given in Table 42. The catches of this species in the eastern Pacific by all gears during recent years have been about the same as those of skipjack, but substantially less than those of yellowfin (Table 1). Bigeye are caught mostly by longlines. During the early 1950s there was little longline fishing in the eastern Pacific, and hence the catches of bigeye in that area were low. During the mid-1950s, however, Japanese longline vessels began to fish in the eastern Pacific, and the catches of bigeye increased. Accordingly, this species has been given more attention by the IATTC staff. During the 1965–1988 period eight papers dealing with the Japanese longline fishery for bigeye and related species in the eastern Pacific have been published.

The estimated catches of bigeye by surface gear in the eastern Pacific increased during the late 1960s and the 1970s, and then declined after 1981 (Table 42). The increases were apparently due to two factors. First, the actual catches probably increased because there have been no regulations for this species, which in some instances caused fishermen to seek out bigeye in preference to yellowfin, as the latter were subject to regulation in a considerable portion of the eastern Pacific during the

latter part of each year of the 1966–1979 period. Concurrently with this, the fishermen's skill in catching bigeye probably increased. Second, the recent statistics are more accurate. Bigeye and yellowfin bring the same price to the fishermen, so bigeye have often been reported as yellowfin. Since the advent of regulations, however, the two species have more often been reported separately, and in locations where they are not there has been better coverage by IATTC employees, who estimate the proportions of the two species in mixed landings.

The IATTC staff's studies of surface-caught bigeye have consisted principally of recording and processing catch and effort data from information on weights of fish unloaded and logbook records, collection of length-frequency data from fish unloaded at canneries, and analysis of these data. In addition, during the 1959–1978 period a total of 611 surface-caught bigeye were tagged and 15 of these have been recaptured.

The distributions of the surface catches of bigeye in the eastern Pacific, averaged over the 1971–1980 period, obtained from logbook data collected by the IATTC staff, are shown in Figure 96. Except in the third quarter, the greatest catches are made off northern South America.

Length-frequency data for bigeye caught by purse seiners in the eastern Pacific during 1983–1988 and measured by IATTC staff members are shown in Figure 21. About half the catch by weight is made up of fish less than 100 cm in length.

An analysis of the surface fishery for bigeye in the eastern Pacific has recently been completed by scientists from the FSFRL and the IATTC. It was shown that there is considerable overlap in the lengths of bigeye taken by the surface and longline fisheries. About 64 percent of the catch of bigeye is taken in unassociated schools, 29 percent in schools associated with floating objects, and the rest in schools associated with whales, sharks, and dolphins. During the 1971–1986 period the average catch per successful set of bigeye was 23 tons (22 and 28 tons for unassociated schools and floating-object schools, respectively). The percentages of bigeye caught which were in pure schools (not mixed with other species of commercially-important fish) were as follows: unassociated schools, 76, floating-object schools, 28.

The distributions of the catches per unit of effort of bigeye by Japanese longliners in the eastern Pacific, averaged over the 1971–1980 period, are shown in Figure 97. The hook rates (numbers of fish caught per 100 hooks) of bigeye were high in most of the eastern Pacific except the area north of 5°N and east of 125°W. The areas of greatest hook rates were between Ecuador and the Galapagos Islands throughout the year, northeast of Hawaii in the area between 18° and 33°N and 120° and 145°W during the first and fourth quarters, and off southern Peru and northern Chile in the area between 18° and 25°S and 80° and 90°W during the third and fourth quarters.

In the north equatorial region, between the equator and 10°N, where there was heavy fishing effort, the hook rates were relatively low during the second half of the year, especially in the western part of this region. In the south equatorial region, between the equator and 15°S, however, the hook rates were greater in the western than in the eastern part of the region throughout the year.

The distribution of effort does not coincide well with the areas of greatest hook rates of bigeye, even though bigeye was the most important species of fish caught by Japanese longliners. For example, there were heavy concentrations of effort in equatorial waters (10°N to 15°S and west of 110°W), but the hook rates of bigeye in this area were not particularly high. Furthermore, although the hook rates for bigeye were fairly high northeast of Hawaii and off southern Peru and northern Chile, not much effort was exerted in those areas. This may be because in the equatorial region bigeye could be caught throughout the year and the fish tended to be large, whereas in the higher latitudes the occurrence of bigeye was more seasonal and the fish tended to be smaller.

Length-frequency data for bigeye caught by longlines in the area delineated in Figure 98 during 1971–1980 are shown in Figure 99. Most of the fish in the catch ranged from about 100 to 170 cm in length. The length composition was relatively stable during the 1971–1974 period, but considerable change is apparent for 1975–1980. The proportions of smaller fish (less than 120 cm)

were significantly greater in 1977 and 1979, and stronger separation of the modal groups is apparent for 1975, 1976, 1979, and 1980. These changes in the length composition coincide in time with the recent increases in fishing effort by the Japanese longline fleet.

The movements of bigeye tagged by various organizations which were at liberty for long periods of time are shown in Table 1 of the chapter on bigeye in IATTC Special Report 2. The distances travelled were less than many which have been recorded for the other principal market species of tuna, but not much importance should be attached to this, in view of the low number of returns.

In general, there are two approaches to the analysis of the effects of fishing on a population of fish, production modelling and age-structured modelling. These models are described in detail in the section of this report dealing with yellowfin.

Production models

Production models are applicable only to fish of a discrete population, so such models can be used with bigeye of the eastern Pacific only if there is relatively little interchange of these fish with those of the areas to the west. Due to lack of data from tagging or other studies which would yield information on stock structure, however, it is not possible to estimate the extent, if any, of mixing of bigeye of different areas.

Data on the effort, catch, and catch per unit of effort (number of fish caught per 100 hooks) for 1954–1984 for the portion of the eastern Pacific Ocean delineated in Figure 98 are shown in Figure 100. This area was selected because it includes the major bigeye fishing grounds, and it is believed that inclusion of data for areas with large amounts of effort and low catches of bigeye would tend to mask whatever relationship may exist between effort and bigeye catch. During 1954–1960 the effort and catches were low and the catch per unit of effort (CPUE) was high. During 1961 through 1964 the effort and catches were much greater than during 1954–1960. The CPUE was slightly less than 3 fish per 100 hooks in 1961, and declined to less than 1.5 fish per 100 hooks in 1964. During 1964 through 1984 the effort ranged between about 38 and 114 million hooks and the catch between about 0.37 and 1.07 million fish, but the CPUEs remained nearly constant, at about 1 fish per 100 hooks. It is normal for the CPUE to decline with increasing effort, and modest decreases do not necessarily indicate overfishing (from the standpoint of reducing the average maximum sustainable yield (AMSY), as discussed in the section of this report dealing with yellowfin). Decline of the CPUE to less than half what it was when the effort was low, however, could be indicative of reduction of the population to a level less than that necessary to produce the AMSY. It may be significant, however, that the catches more than doubled during the 1965–1980 period, while the CPUEs remained about the same. This could be due to the fact that bigeye, because of its high price, was especially sought by longline fishermen. For example, the adoption of deep longline gear during the late 1970s may have kept the CPUE of bigeye at the same level while its abundance decreased. Uncertainty regarding the interpretation of the data also results from the uncertainty concerning the amount of interchange of fish between the area in question and contiguous areas.

Age-structured models

The yield-per-recruit model, a type of age-structured model, gives information on the yield per recruit to be expected with different combinations of size at entry and fishing effort. The input consists of length-at-age or weight-at-age data and natural mortality data. Both of these, especially natural mortality, are difficult to estimate. Nevertheless, the yields per recruit of bigeye at various combinations of length at entry and fishing effort (F) were calculated. The length-at-age data were obtained from an equation for the growth of bigeye which appears in IATTC Bulletin, Volume 11, Number 2. Because it is impossible, with the data presently available, to estimate the coefficient of natural mortality (M) of bigeye with any degree of confidence, trial values of 0.4, 0.6, 0.8, and 1.0 on

an annual basis were used. The results with lengths at entry of 40 cm (4 pounds or 2 kg), 60 cm (12 pounds or 5 kg), 90 cm (38 pounds or 17 kg), 120 cm (87 pounds or 40 kg), and 150 cm (167 pounds or 76 kg) and annual values of F of 0.0 to 1.6, are shown in Figure 101. In every case the yields per recruit were least with a length at entry of 150 cm, so the discussion will be confined to the other four values, 40, 60, 90, and 120 cm. It appears from Figures 21 and 99 that most of the purse seine- and longline-caught bigeye are recruited at about 60 to 90 and 90 to 120 cm, respectively. In 1980 and 1982–1984, however, substantial amounts of bigeye between 40 and 60 cm were caught in the purse-seine fishery. At an M value of 0.4 the yields per recruit are roughly the same for all lengths at entry at F values up to 0.4. At F values of 0.6 and higher the yields per recruit are less for a length at entry of 40 cm, and at F values of 0.8 and higher they are less for a length at entry of 60 cm. At an M value of 0.6 the yields per recruit are roughly the same at all values of F for lengths at entry of 60, 90, and 120 cm. They are also about the same for a length at entry of 40 cm for F values up to 0.6, but at higher F values the yields per recruit are less. At an M value of 0.8 the yields per recruit are approximately the same at all F values regardless of the length at entry. At an M value of 1.0 the yields per recruit are roughly the same at all F values for lengths at entry of 40, 60, and 90 cm, but less for a length at entry of 120 cm. In general, at high values of M the highest yields per recruit are realized with low to intermediate lengths at entry (40, 60, and 90 cm) and at low values of M the highest yields per recruit are realized with intermediate lengths at entry (90 and 120 cm). Although it is presently not known what value of M is most applicable to the bigeye population exploited by the surface and longline fisheries of the eastern Pacific, it is most likely between 0.6 and 0.8. At these levels the above analyses suggest that the yield per recruit would be maximized at a length at entry between about 90 and 120 cm. This implies that the average length at entry for the surface fishery is less than that which would maximize the yield per recruit and that that for the longline fishery is greater than that length. It is stressed, however, that these estimates are based upon inadequate data, so their reliability is low.

BLACK SKIPJACK

Black skipjack, although they constitute only a minor part of the total landings of tunas caught in the eastern Pacific, are of considerable commercial importance in a number of Latin American countries. Furthermore, they represent a resource of significant magnitude, which will be more heavily exploited as the demand for tuna increases. Accordingly, it is prudent to learn as much as possible about this species.

The present knowledge of black skipjack comes mainly from vessel logbook data, data on the weights of fish unloaded at canneries, stomachs, gonads, and measurements of fish taken at canneries, physiological data gathered on one tagging cruise, gonads collected for histological studies on tagging cruises, larval surveys directed primarily at other species, recapture data for black skipjack tagged incidentally to yellowfin and skipjack, and current studies at the IATTC's Achotines Laboratory.

Data on the landings of black skipjack by tuna boats during 1961–1988 are listed in Table 1. These data include only the fish which are landed. Additional amounts are known to have been caught but not landed, and these are not included in the statistics. Black skipjack are also caught by small boats based in Latin America, for which data are not obtained. Therefore the actual catches are greater than those recorded in the table. The areas of the 1980–1983 catches by vessels from which logbook data were obtained are shown in Figure 102.

An analysis of the length-weight relationships of black skipjack is given in IATTC Internal Report 17. Some observations on the swimming performance, body temperatures, and gastric evacuation times of black skipjack were made on a tagging cruise conducted in 1981, and an analysis of the results was published in an outside journal in 1984. Information on the areas and duration of spawning, size at sexual maturity, sex ratios, fecundity, and spawning frequency was recently

published in IATTC Bulletin, Vol. 19, No. 2. The measurement of reproductive potential is of primary importance with respect to the dynamics of fish populations, since it is a basic determinant of productivity. Furthermore, since the amount of fish of catchable size available to the fishery is largely dependent on the success of spawning and survival during the earliest stages of life, studies of this nature can yield information of potential value for predictive purposes.

Large numbers of larval and juvenile black skipjack, along with those of other species of scombrids (tunas and mackerels) have been collected, particularly off Central America and near the entrance to the Gulf of California. In addition, 1,502 black skipjack have been tagged, and 107 of these have been reported as having been recaptured. Information on the movements and growth of black skipjack, as determined from these data, are given in the IATTC Annual Report for 1982.

The larvae and juvenile data, tagging data, and logbook data provide indices of abundance of black skipjack relative to the other species of scombrids. It appears, on the basis of this information, that the potential annual production of this species is far greater than the present levels of landings.

A considerable amount of work on black skipjack is currently being conducted at the IATTC laboratory at Achotines, Panama. The growth of the larvae and juveniles is being studied by rearing fish caught in the wild at the laboratory and by examination of their otoliths. Different diets are being tested in the laboratory to determine which produces the greatest survival of captive larvae and juveniles. Slides made of sections of larvae and juveniles are being examined to determine their nutritional state. Field studies are being conducted to learn more about how the environment affects the survival of the larvae in the wild. A study of muscle and heat exchanger development is also being carried out. The results from all of these studies will be applicable, to a considerable extent, to other species of tunas. The first draft of a manuscript describing the growth of black skipjack reared in captivity was completed near the end of 1988.

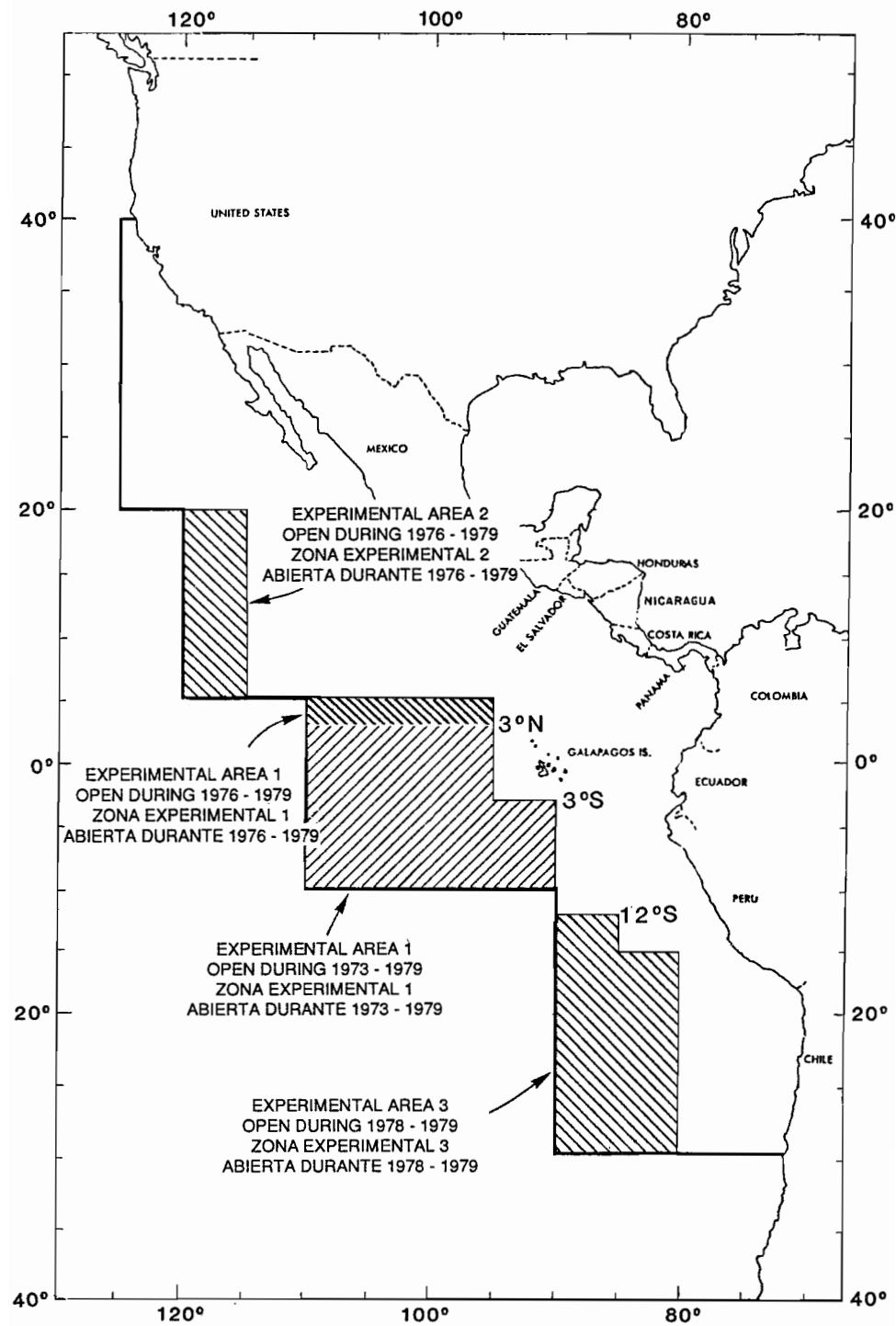


FIGURE 1. The Commission's Yellowfin Regulatory Area (CYRA).

FIGURA 1. Area Reglamentaria de la Comisión para el Aleta Amarilla (ARCAA).

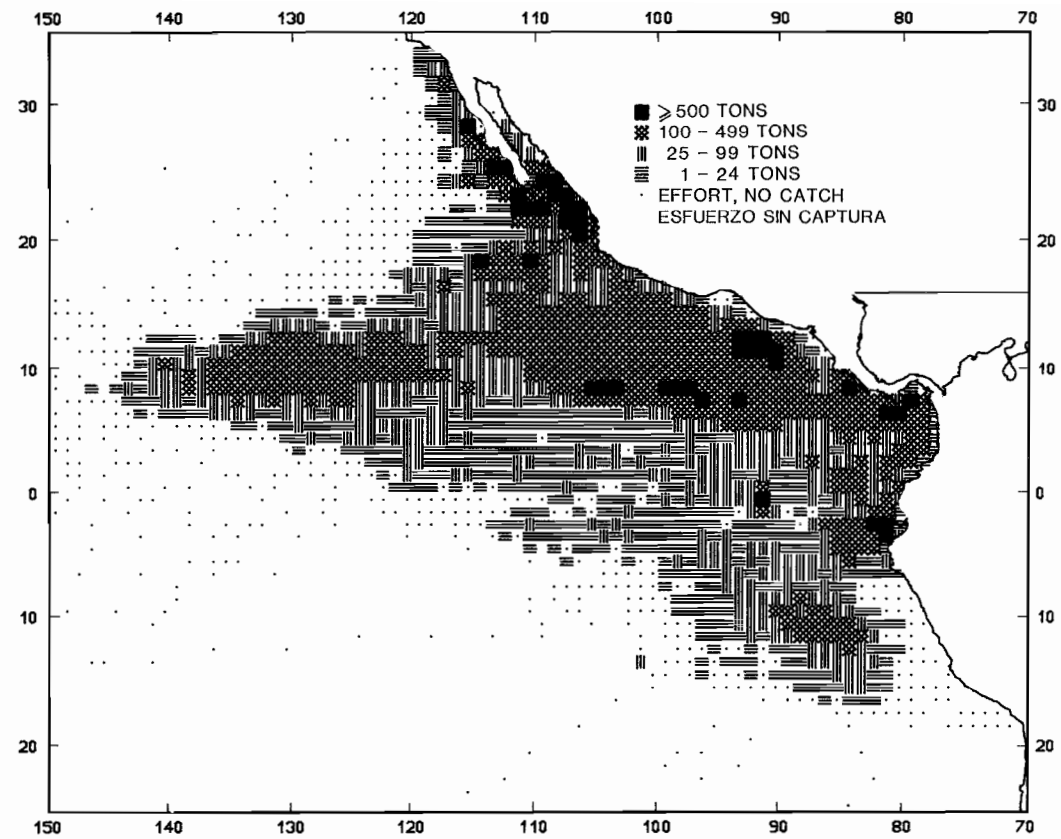


FIGURE 2. Average annual catches of yellowfin in the EPO during 1979–1987 for all purse-seine trips for which usable logbook data were obtained.

FIGURA 2. Capturas medias anuales de atún aleta amarilla obtenidas por cerqueros en el OPO durante 1979–1987, en todos los viajes de los que se obtuvieron datos de bitácora utilizables.

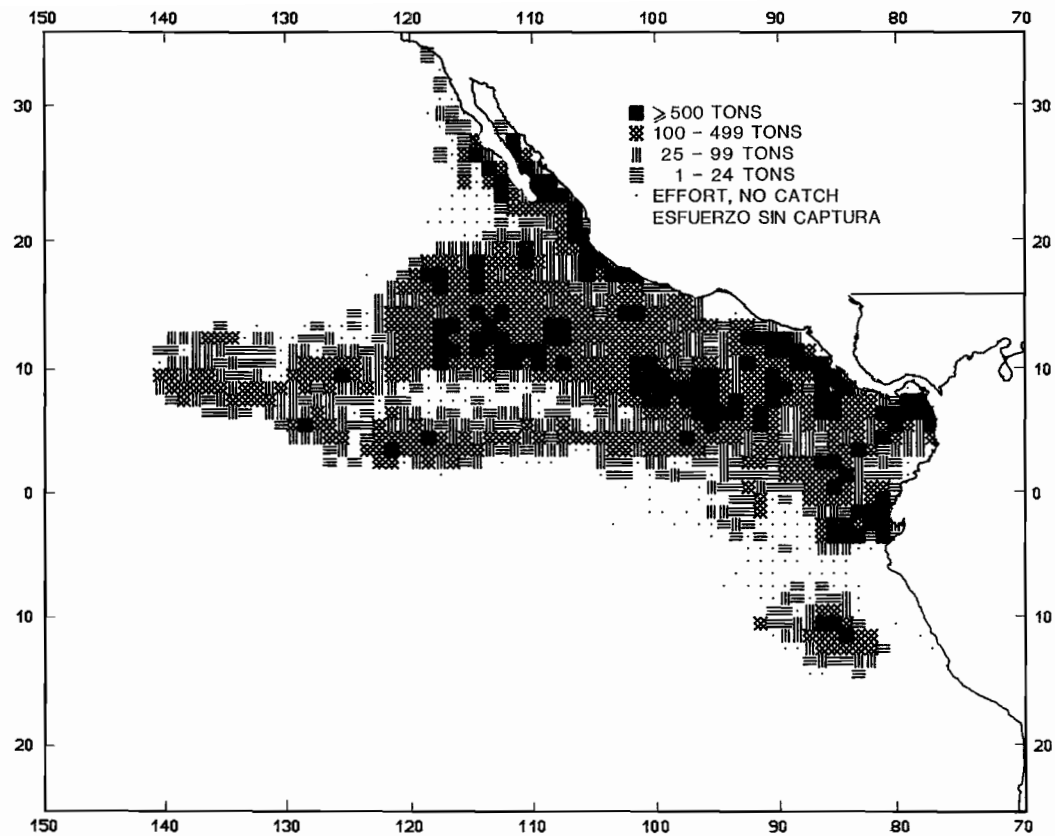


FIGURE 3. Catches of yellowfin in the EPO in 1988 for all purse-seine trips for which usable logbook data were obtained.

FIGURA 3. Capturas de atún aleta amarilla obtenidas por cerqueros en el OPO en 1988, correspondientes a todos los viajes para los que se obtuvieron datos de bitácora utilizables.

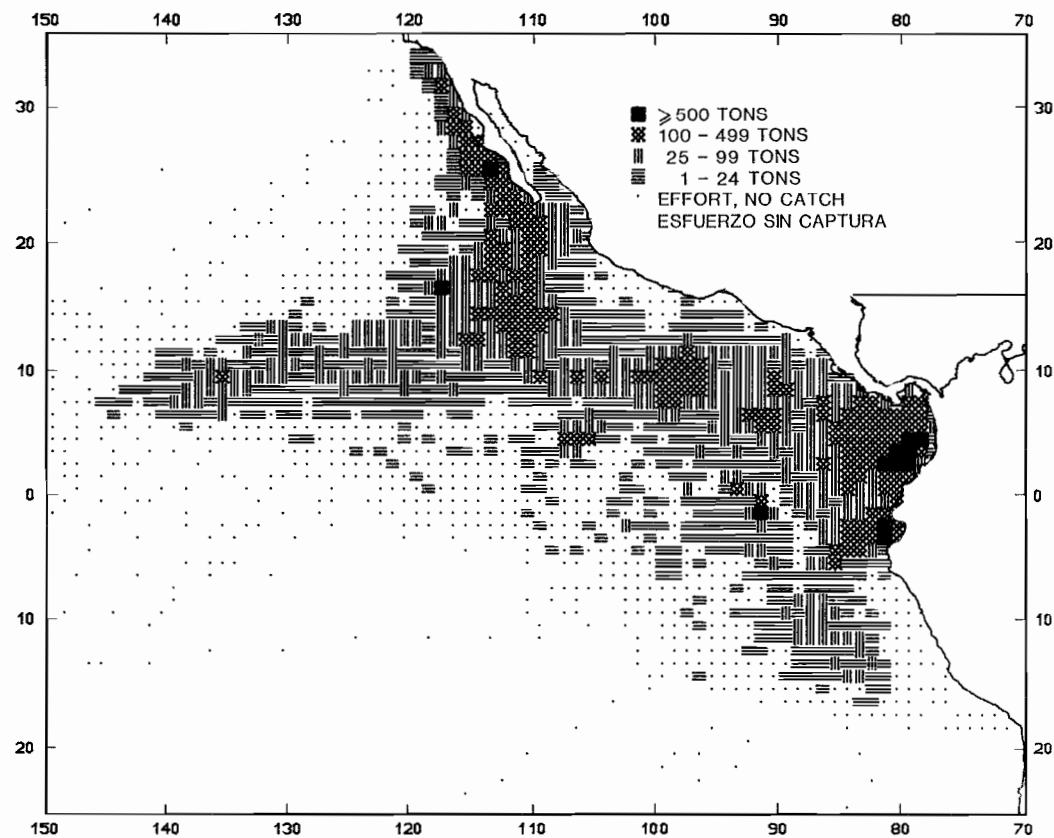


FIGURE 4. Average annual catches of skipjack in the EPO during 1979–1987 for all purse-seine trips for which usable logbook data were obtained.

FIGURA 4. Capturas medias anuales de barrilete obtenidas por cerqueros en el OPO durante 1979–1987, correspondientes a todos los viajes para los que se obtuvieron datos de bitácora utilizables.

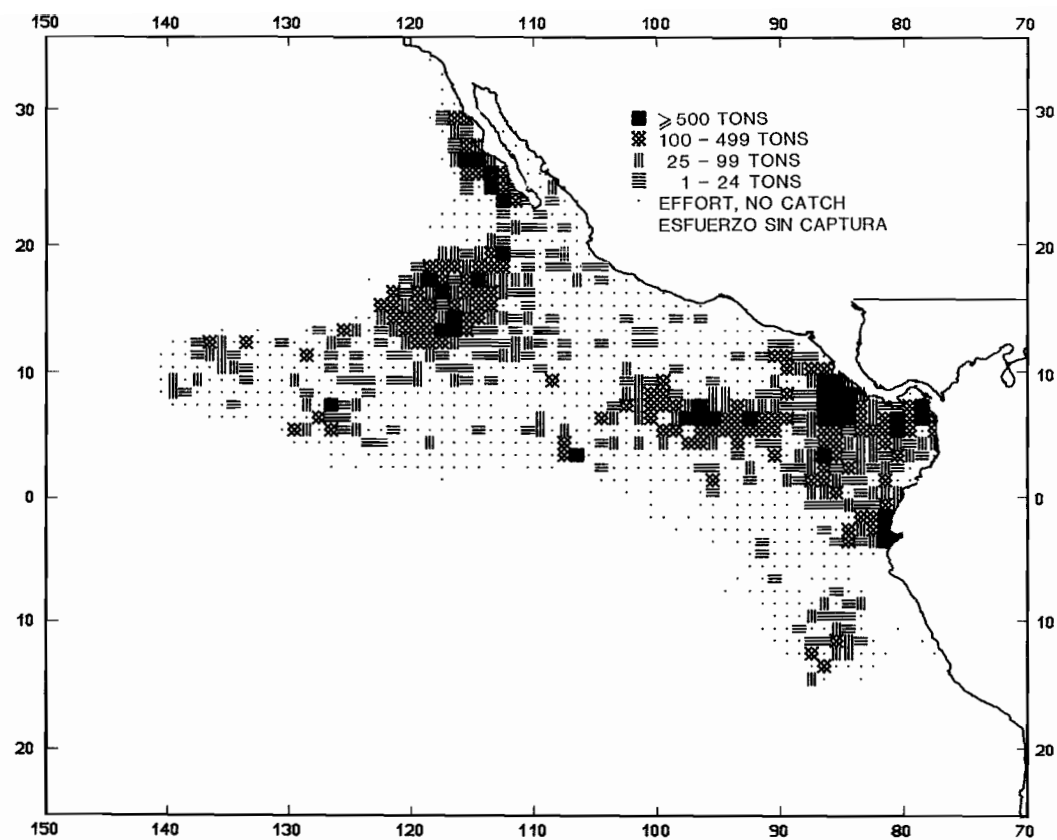


FIGURE 5. Catches of skipjack in the EPO in 1988 for all purse-seine trips for which usable logbook data were obtained.

FIGURA 5. Capturas de barrilete obtenidas por cerqueros en el OPO en 1988, correspondientes a todos los viajes para los que se obtuvieron datos de bitácora utilizables.

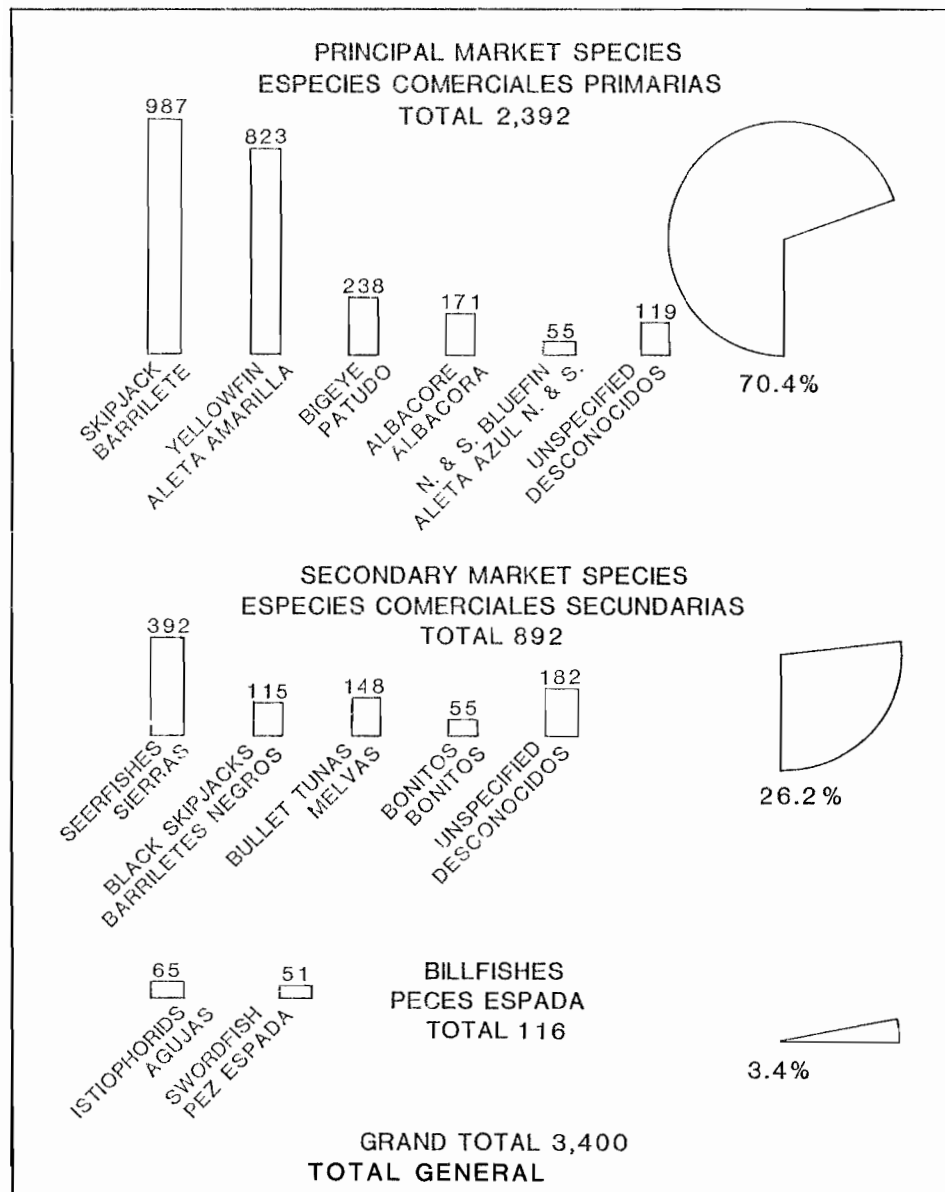


FIGURE 6. World catches of tunas and tuna-like species in 1987, in thousands of metric tons.

FIGURA 6. Capturas mundiales de atunes y especies afines durante 1987, en millares de toneladas métricas.

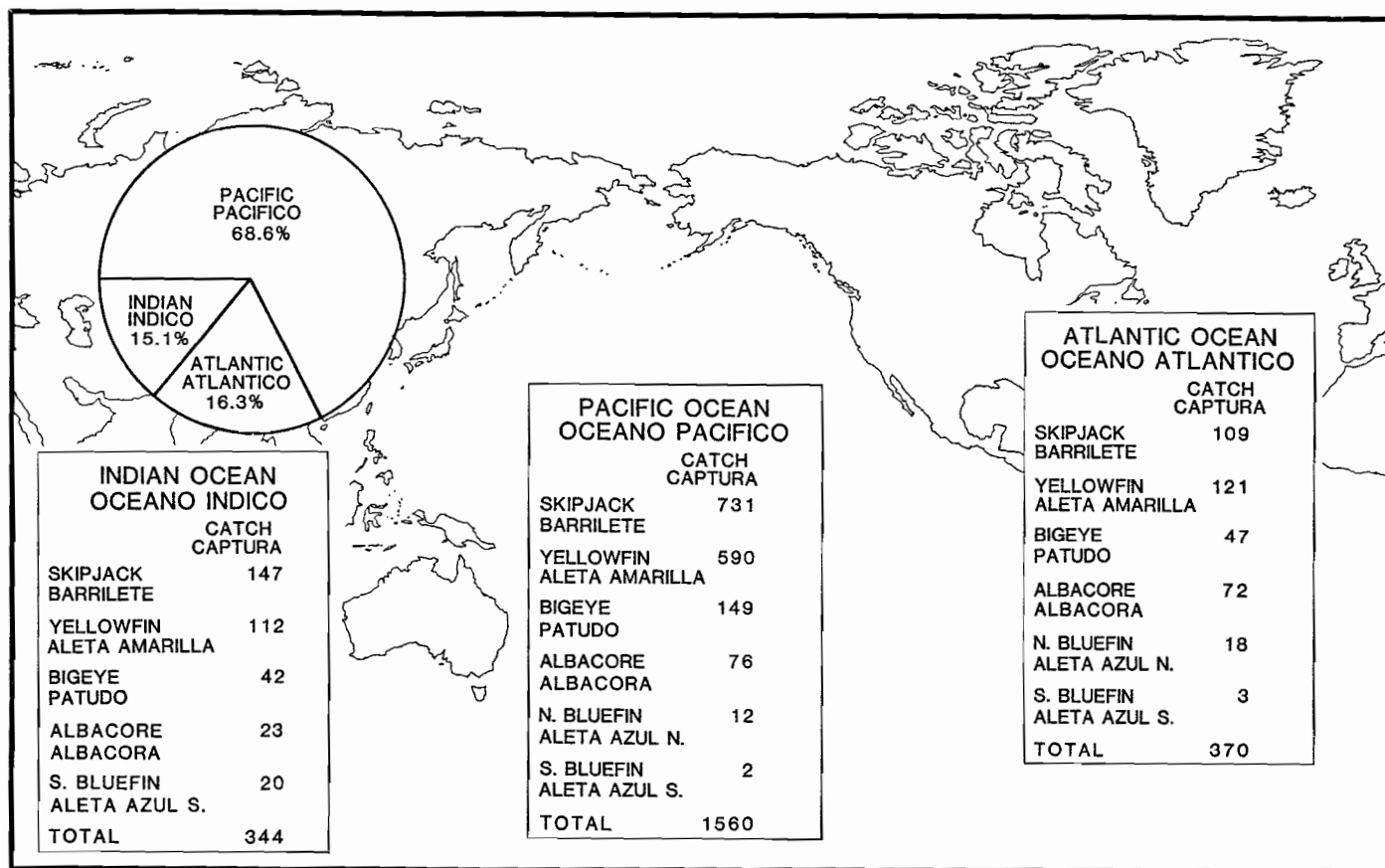


FIGURE 7. Catches of the principal market species of tunas in 1987, in thousands of metric tons.

FIGURA 7. Capturas de las principales especies comerciales de atunes en 1987, en millares de toneladas métricas.

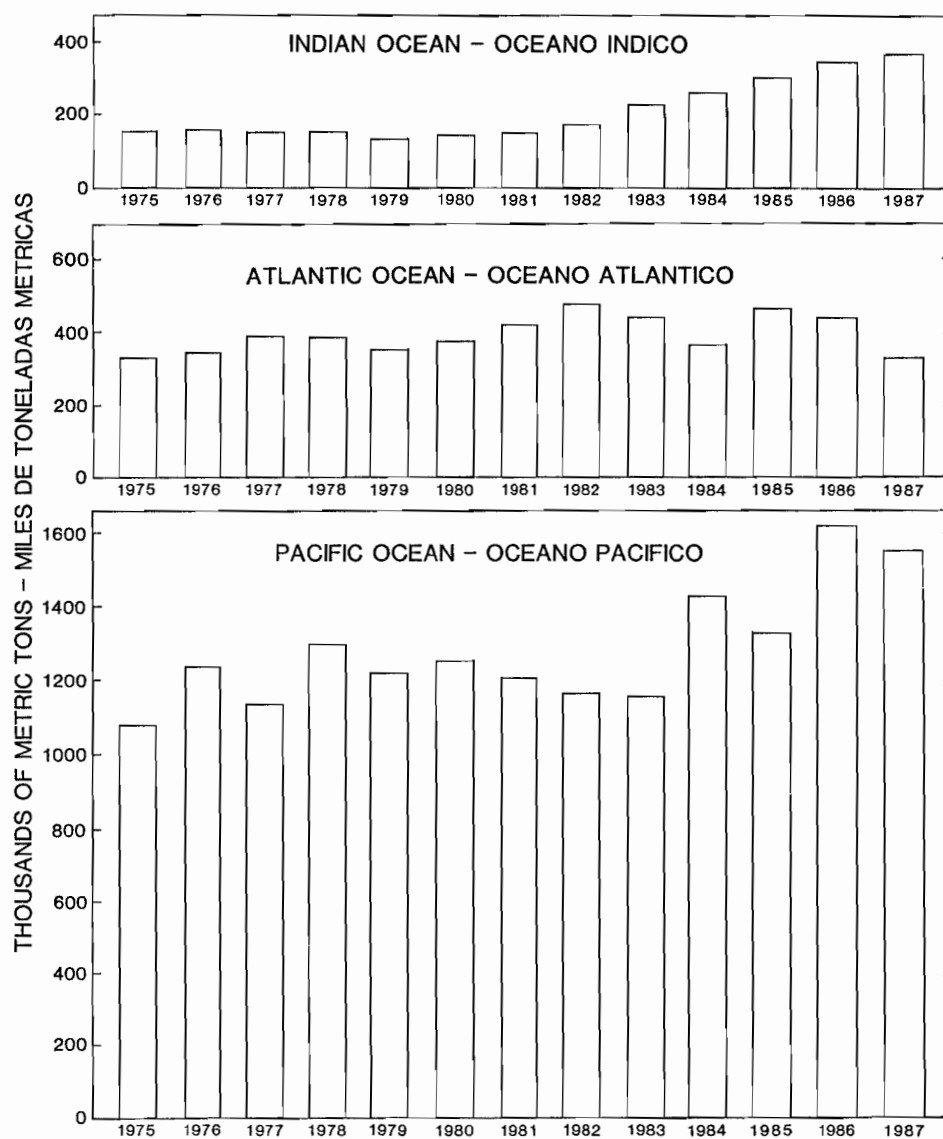


FIGURE 8. Catches of the principal market species of tunas.

FIGURA 8. Capturas de las principales especies comerciales de atunes.

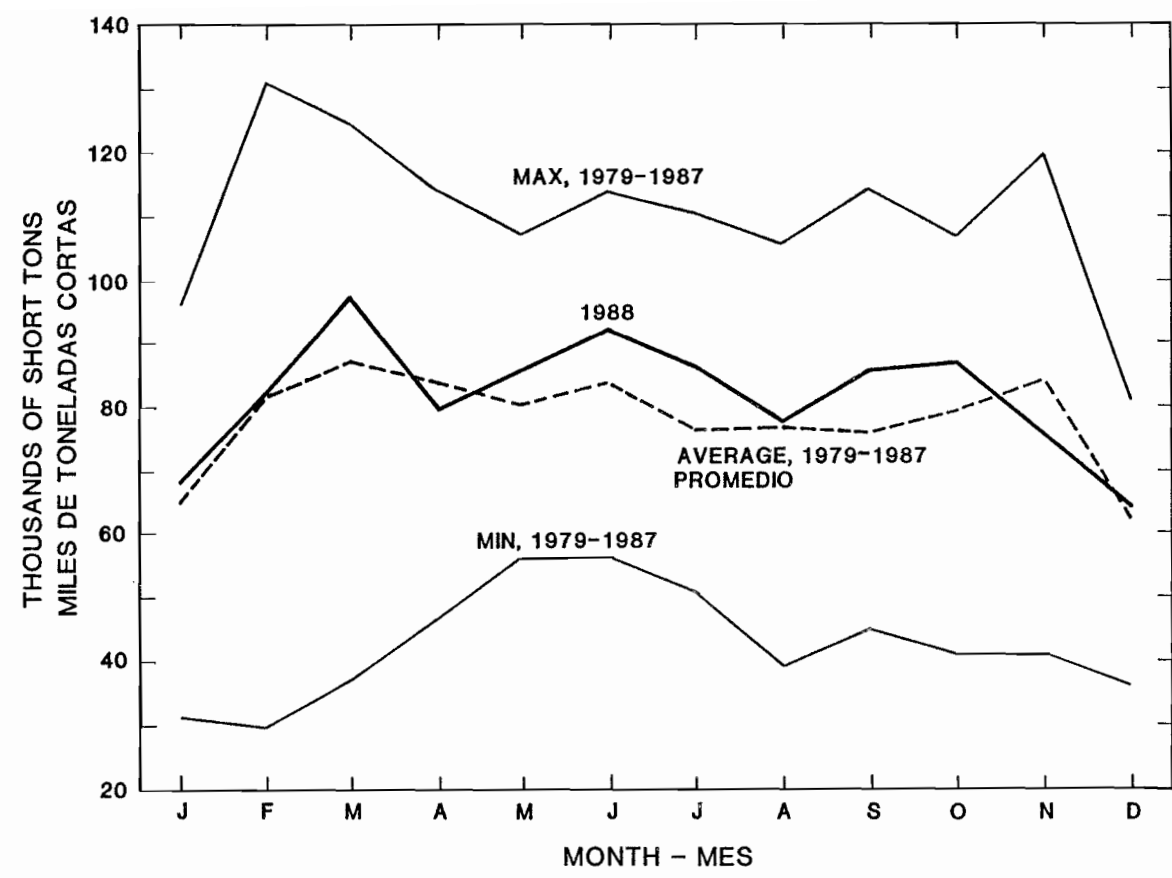


FIGURE 9. Average, minimum, and maximum values for monthly capacity at sea in the EPO during 1979-1987, and the 1988 monthly values.
FIGURA 9. Valores medios, mínimos, y máximos mensuales de la capacidad en el mar en el OPO durante 1979-1987, y los valores mensuales de 1988.

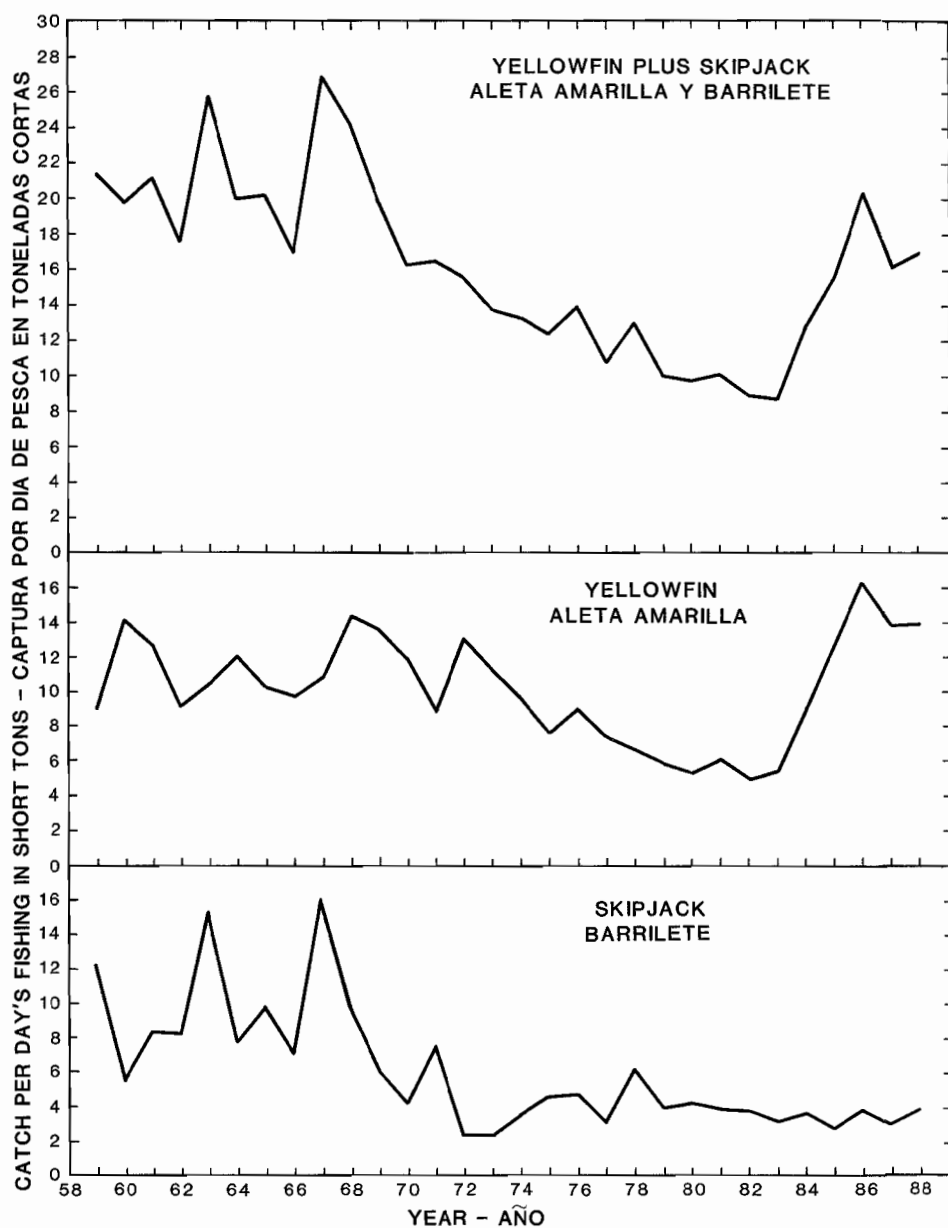


FIGURE 10. Catch per day's fishing for yellowfin and skipjack in the eastern Pacific in Class-6 purse-seine units. The 1988 data are preliminary.

FIGURA 10. Captura por día de pesca de aleta amarilla y barrilete obtenida en el Pacífico oriental por unidades cerqueras de la clase 6 de arqueo. Los datos de 1988 son preliminares.

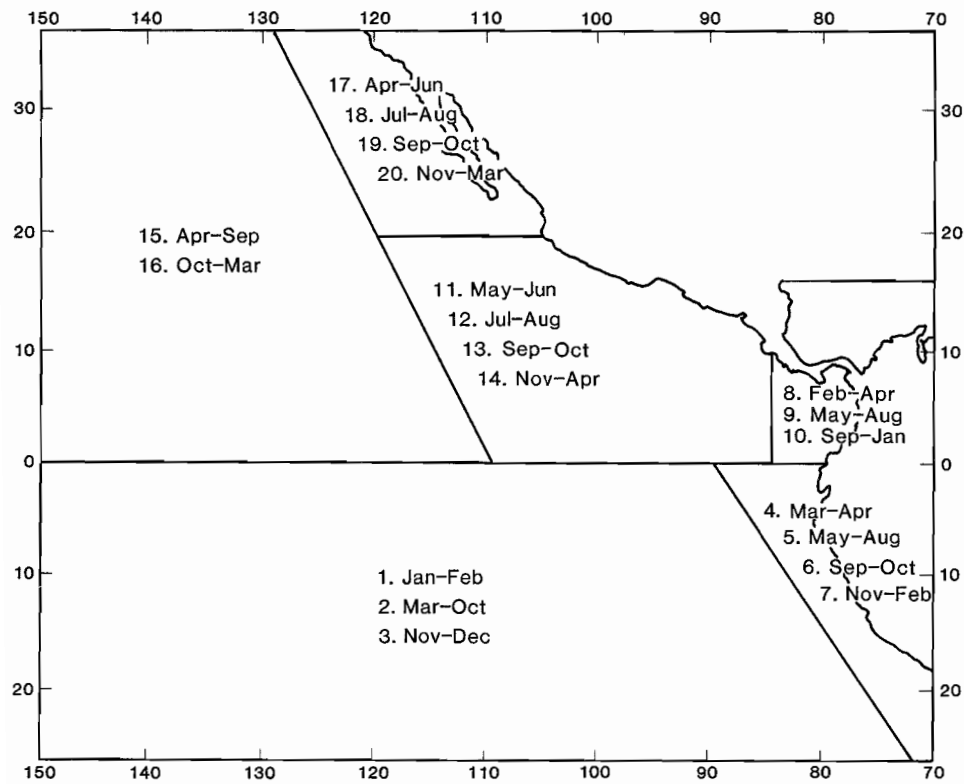


FIGURE 11. Time-area strata used to standardize catch rates.

FIGURA 11. Estratos de tiempo y zona usados para estandarizar las tasas de captura.

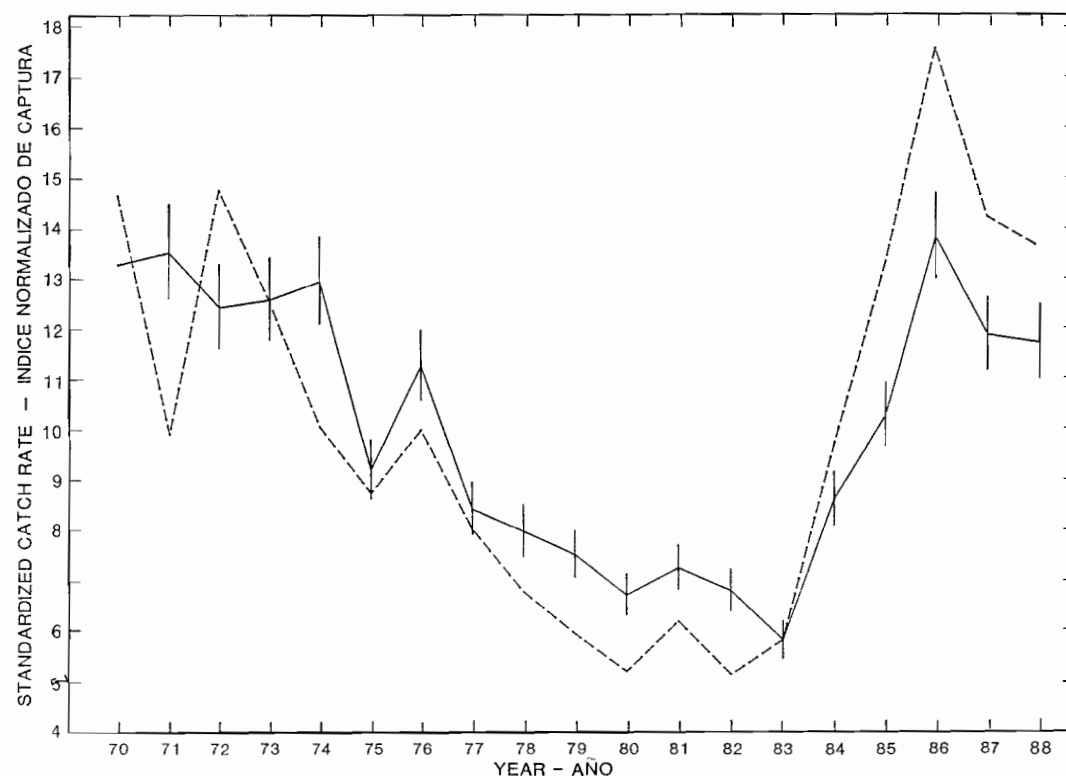


FIGURE 12. Comparison of annual indices of abundance of yellowfin. The solid line is the index from this study, with the 19-year mean set equal to the 19-year mean CPDF, and the vertical bars are the 95-percent confidence limits. The dashed line is the index most commonly used, CPDF for vessels with greater than 400 tons holding capacity. The data for 1988 are incomplete.

FIGURA 12. Comparación de índices anuales de abundancia de aleta amarilla. La línea continua indica el índice correspondiente a este estudio, con el promedio de 19 años fijado igual a la CPDP media de 19 años, y las barras verticales representan los límites de confiabilidad de 95 por ciento. La línea de trazos es el índice de uso más frecuente, CPDP de barcos de más de 400 toneladas de capacidad de acarreo. Los datos de 1988 son incompletos.

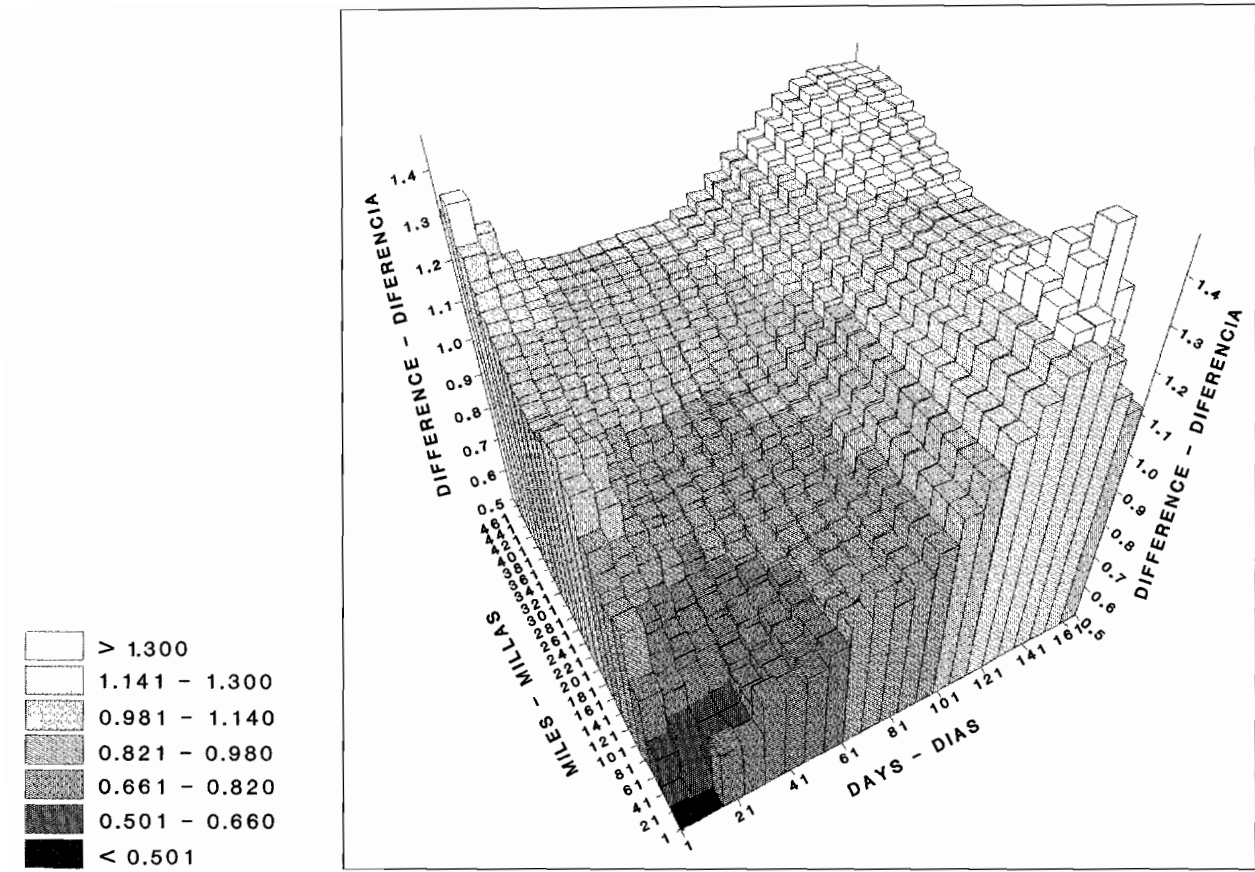


FIGURE 13. Relationship between d and the times and distances between samples which agreed on both set type and skipjack association.
FIGURA 13. La relación entre d y los tiempos y distancias entre muestras que concordaban en tipo de lance y asociación con barriletes.

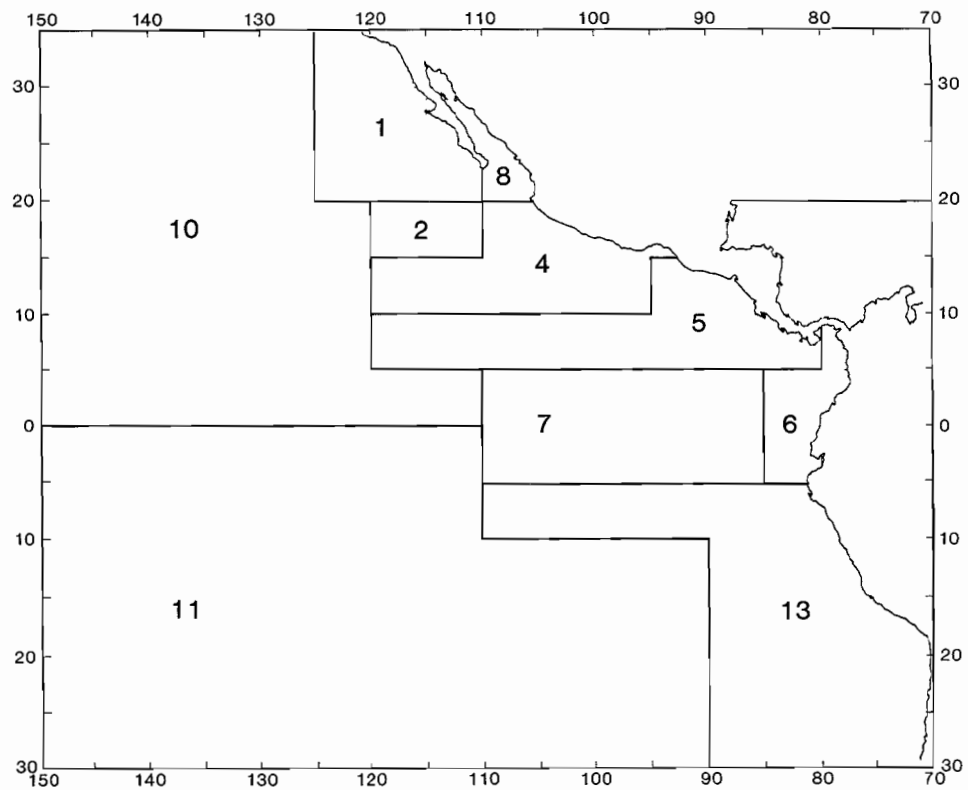


FIGURE 14. Areas used for sampling lengths of tunas in the eastern Pacific Ocean.

FIGURA 14. Zonas usadas para el muestreo de longitud de atunes en el Océano Pacífico oriental.

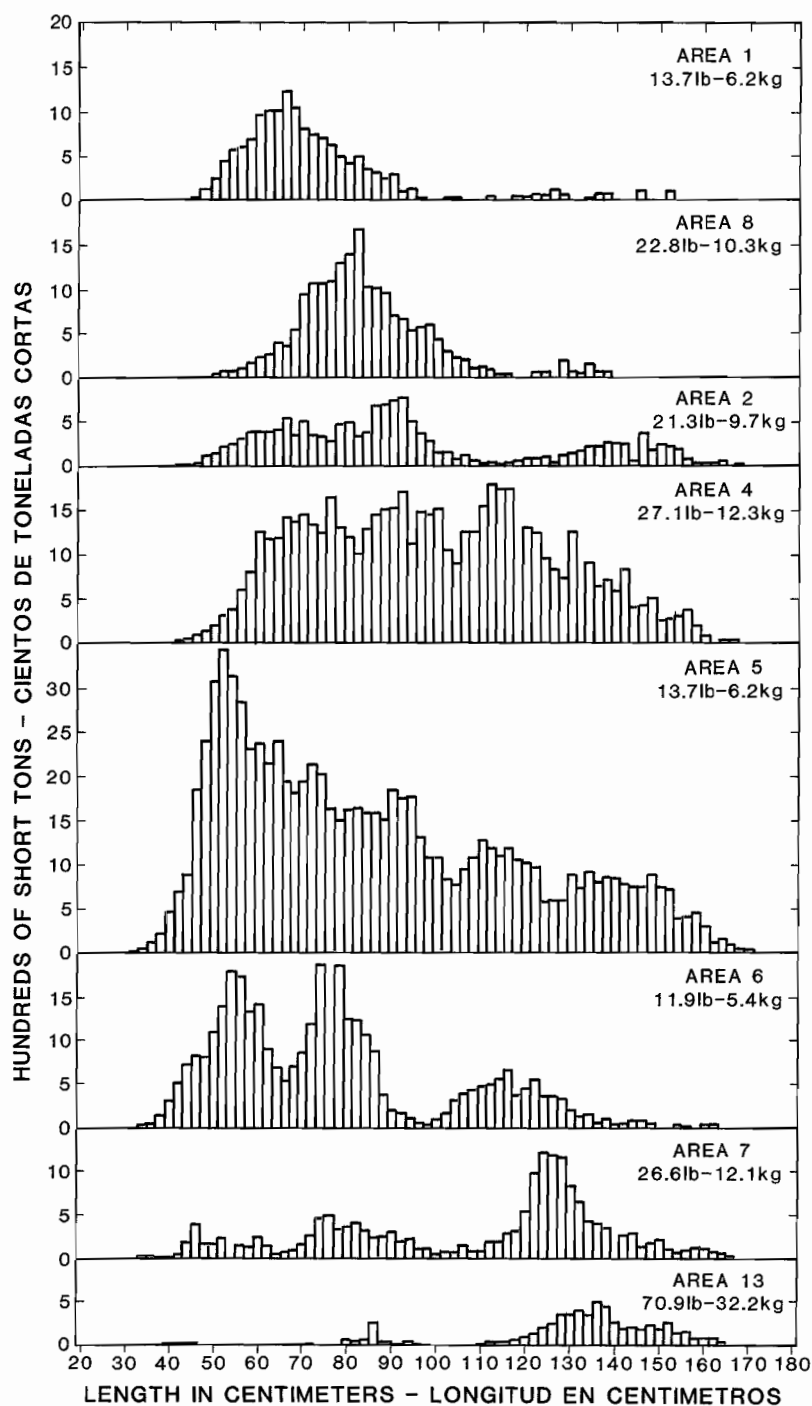


FIGURE 15. Estimated yellowfin catch by 2-cm intervals for the market measurement areas of the CYRA in 1988. The values in the upper right corners of the panels are average weights.

FIGURA 15. Captura estimada de aleta amarilla, por intervalos de 2cm, en las zonas de medición en el ARCAA durante 1988. El peso promedio aparece en el extremo superior derecho de cada recuadro.

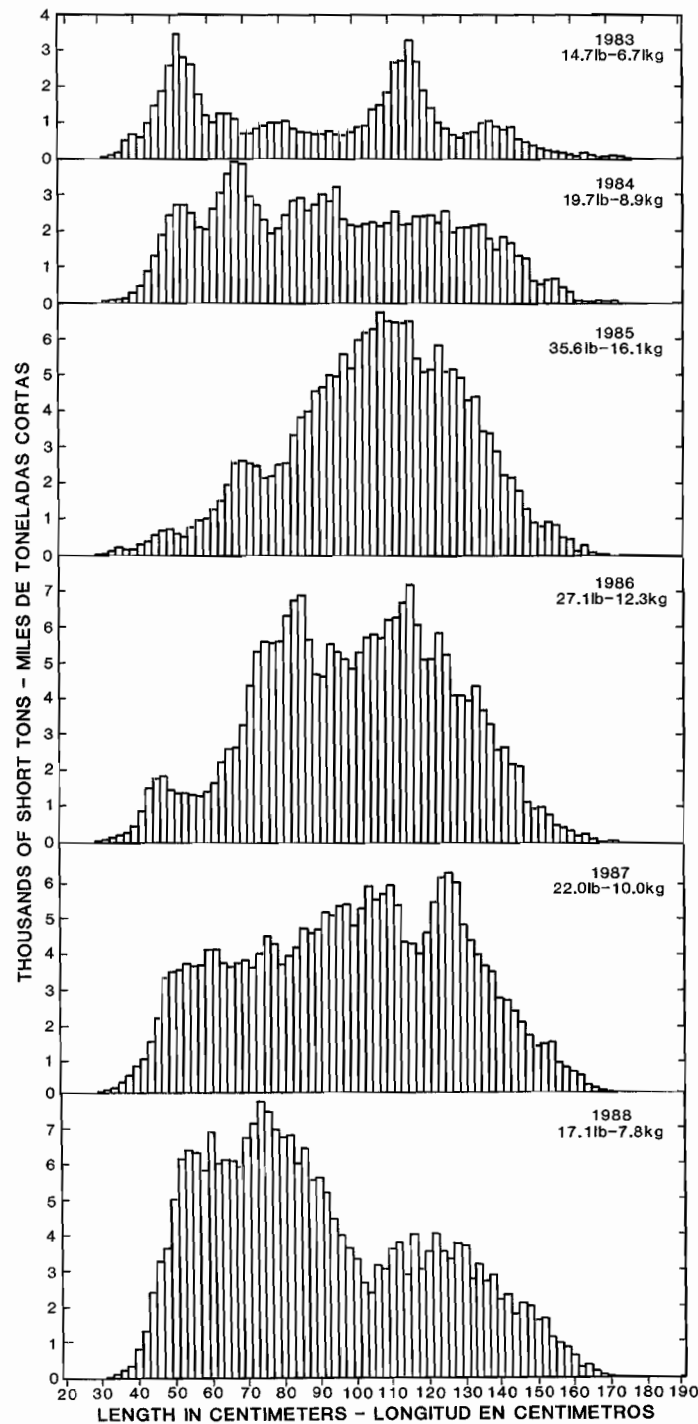


FIGURE 16. Estimated yellowfin catch by 2-cm intervals in the CYRA. The values in the upper right corners of the panels are average weights.

FIGURA 16. Captura estimada de aleta amarilla en el ARCAA, por intervalos de 2cm. El peso promedio aparece en el extremo superior derecho de cada recuadro.

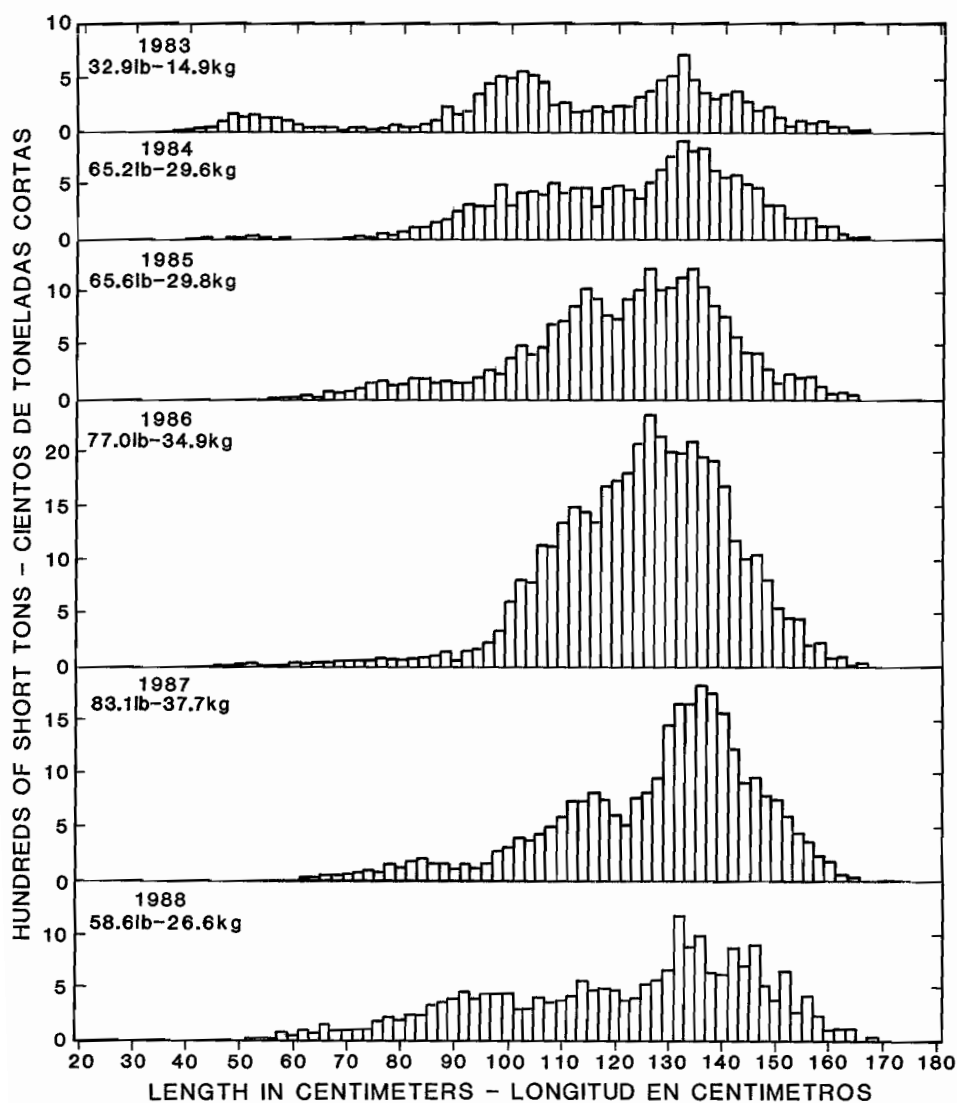


FIGURE 17. Estimated yellowfin catch by 2-cm intervals in the area between the CYRA boundary and 150°W. The values in the upper left corners of the panels are average weights.

FIGURA 17. Captura estimada de aleta amarilla, por intervalos de 2cm, obtenida en la zona entre el límite del ARCAA y 150°W. El peso promedio aparece en el extremo superior izquierdo de cada recuadro.

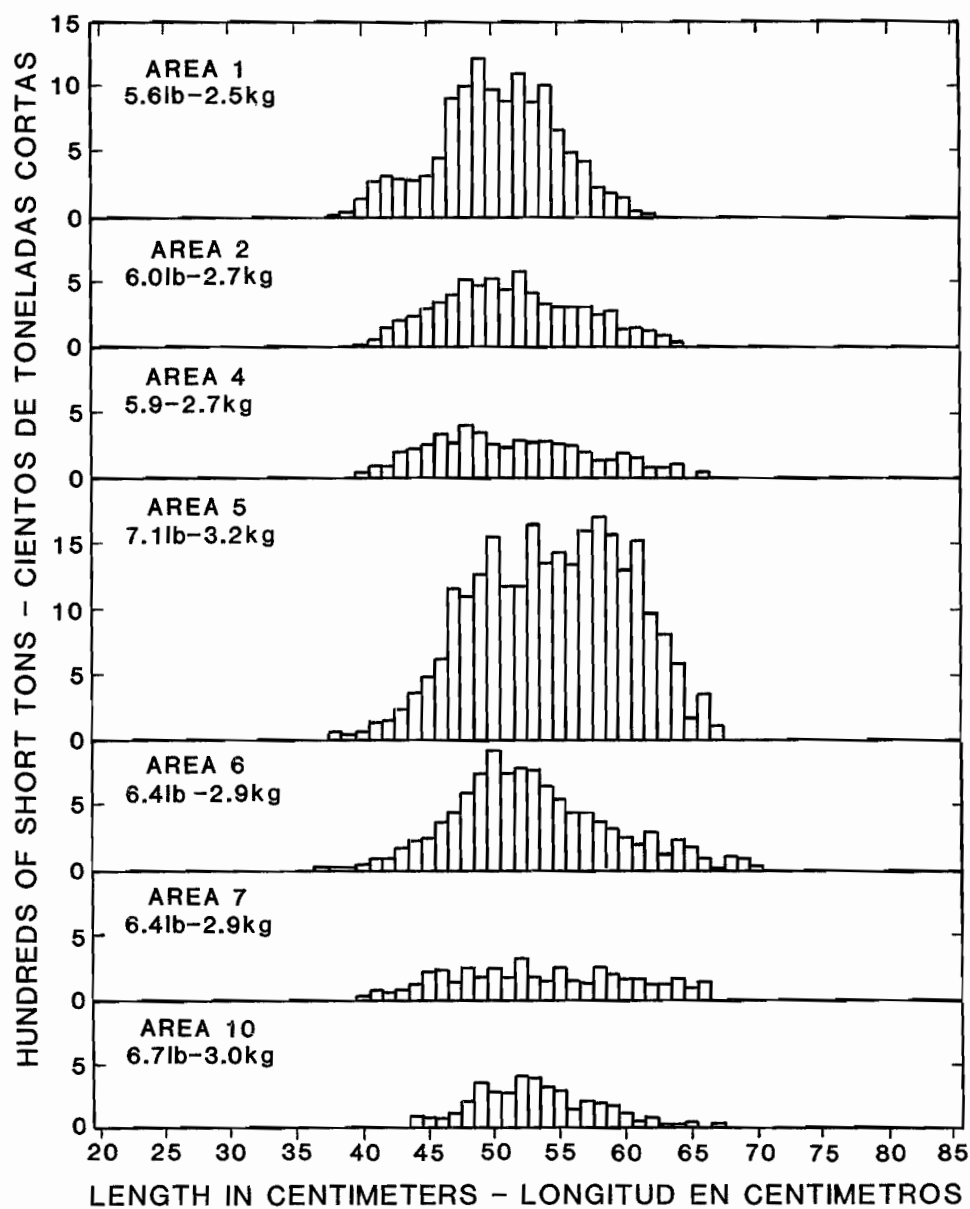


FIGURE 18. Estimated skipjack catch by 1-cm intervals for selected market measurement areas of the eastern Pacific Ocean in 1988. The values in the upper left corners of the panels are average weights.

FIGURA 18. Captura estimada de barrilete, por intervalos de 1cm, correspondiente a zonas seleccionadas de medición en el Océano Pacífico oriental en 1988. El peso promedio aparece en el extremo superior izquierdo de cada recuadro.

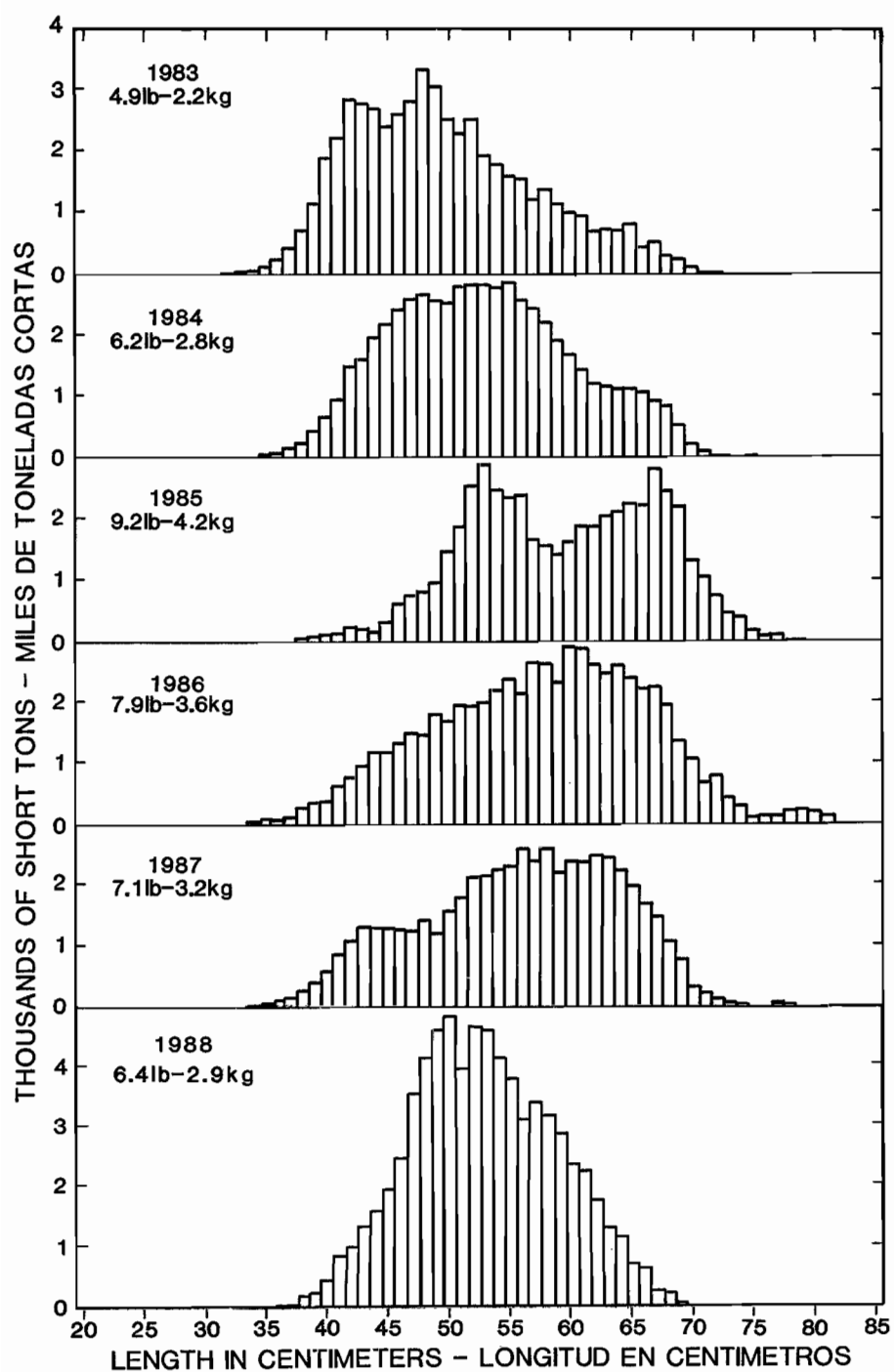


FIGURE 19. Estimated skipjack catch by 1-cm intervals in the eastern Pacific Ocean. The values in the upper left corners of the panels are average weights.

FIGURA 19. Captura estimada de barrilete, por intervalos de 1cm, obtenida en el Océano Pacífico oriental. El peso promedio aparece en el extremo superior izquierdo de cada recuadro.

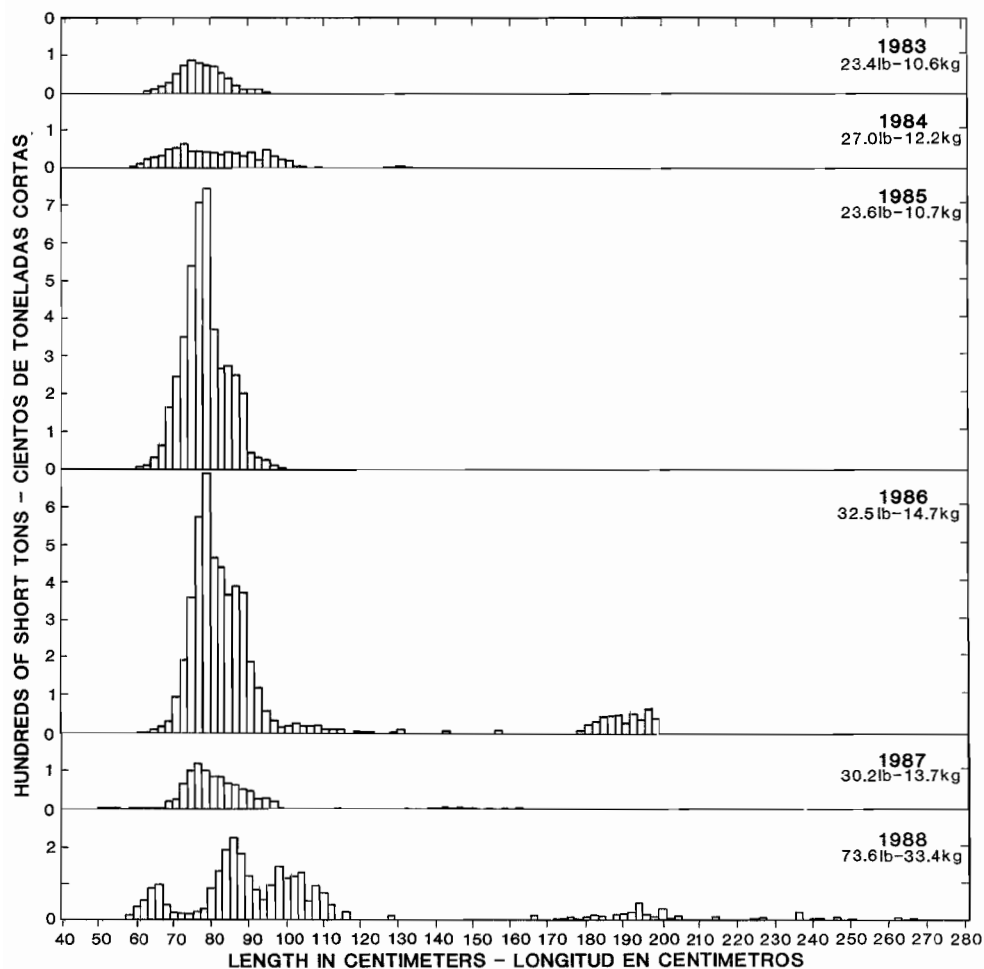


FIGURE 20. Estimated northern bluefin catch by 2-cm intervals in the eastern Pacific Ocean. The values in the upper right corners of the panels are average weights.

FIGURA 20. Captura estimada de atún aleta azul del norte, por intervalos de 2cm, obtenida en el Océano Pacífico oriental. El peso promedio aparece en el extremo superior derecho de cada recuadro.

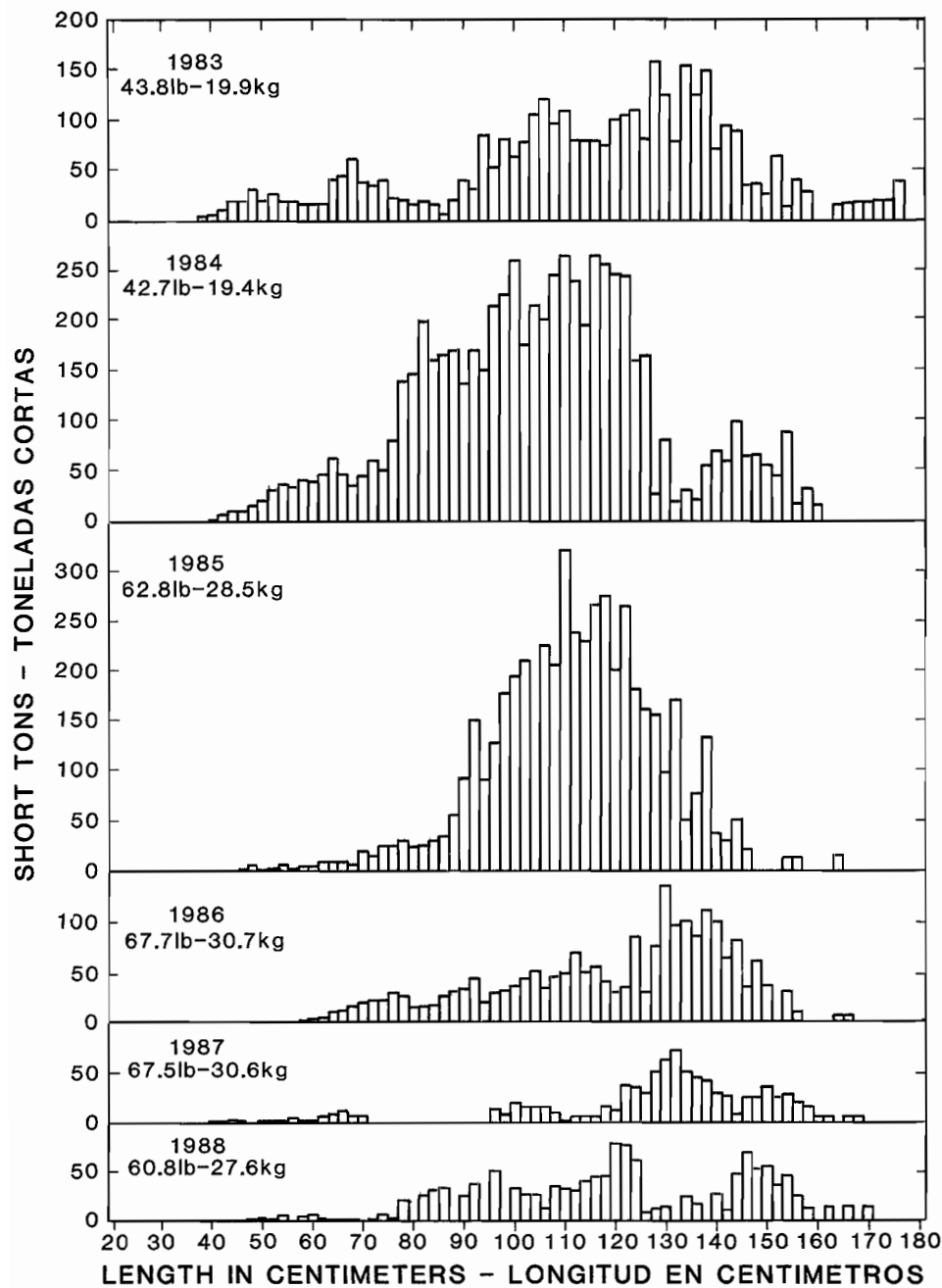


FIGURE 21. Estimated bigeye catch by 2-cm intervals in the eastern Pacific Ocean. The values in the upper left corners of the panels are average weights.

FIGURA 21. Captura estimada de patudo, por intervalos de 2cm, obtenida en el Océano Pacífico oriental. El peso promedio aparece en el extremo superior izquierdo de cada recuadro.

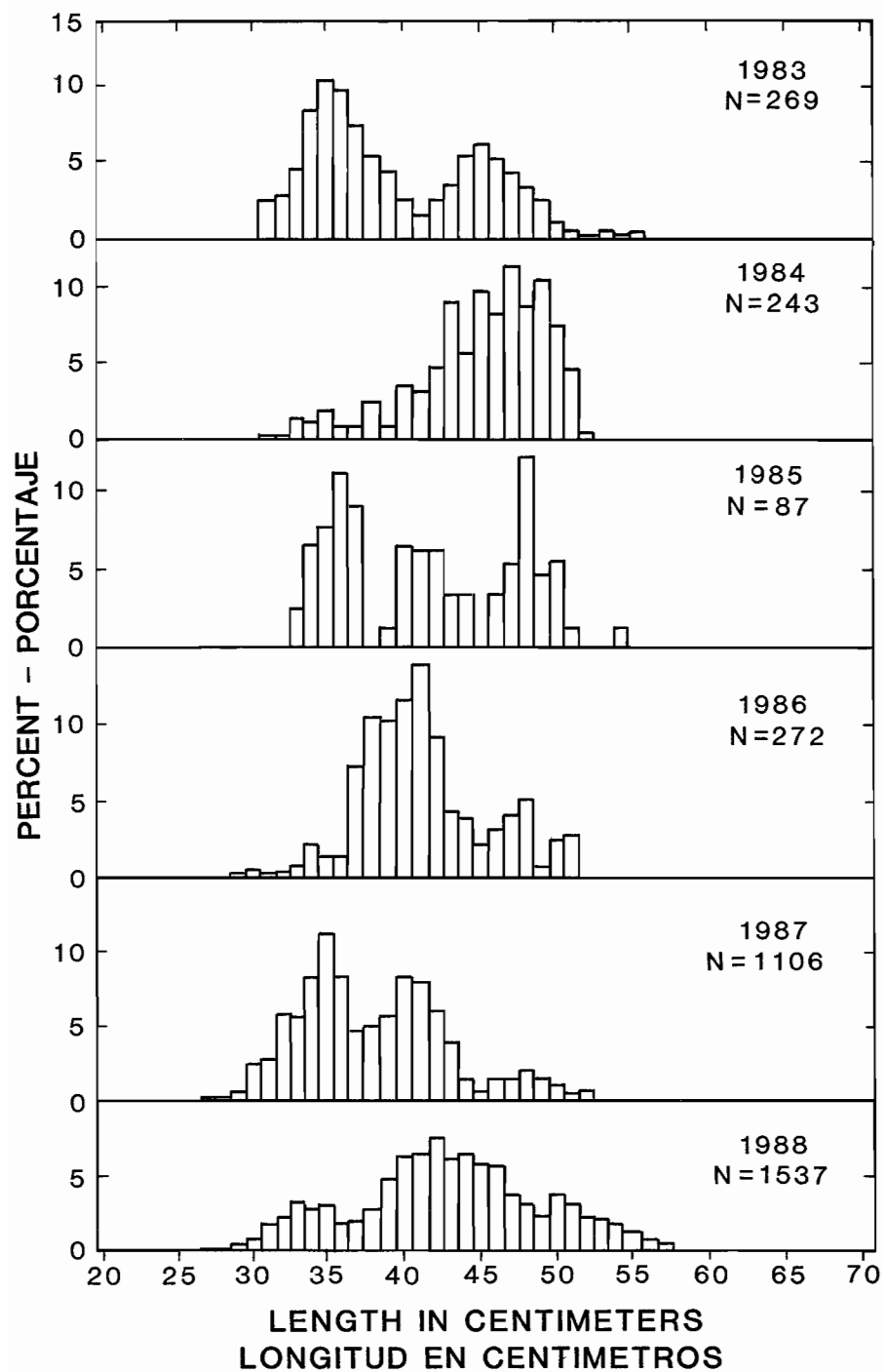


FIGURE 22. Annual length-frequency distributions of black skipjack caught in the eastern Pacific Ocean.

FIGURA 22. Distribución anual frecuencia-longitud del barrilete negro capturado en el Océano Pacífico oriental.

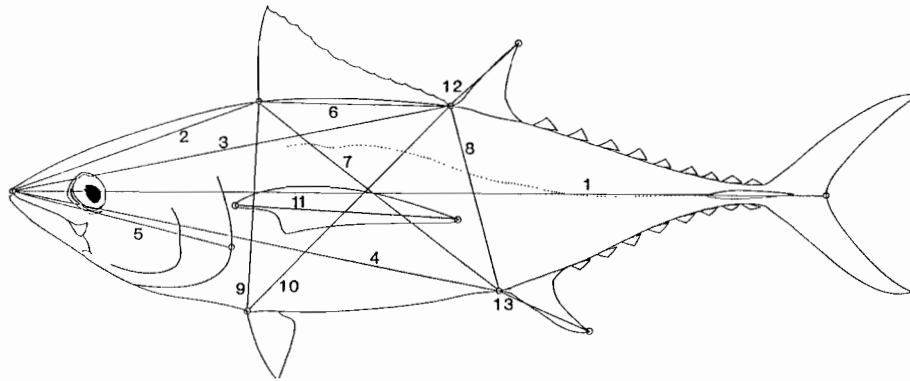


FIGURE 23. Morphometric characters measured and acronyms used for them for analyses of the geographic variation of yellowfin. The symbols are as follows: 1, TL, total length; 2, SFD, snout to insertion of first dorsal fin; 3, SSD, snout to insertion of second dorsal fin; 4, SAF, snout to insertion of anal fin; 5, HL, head length; 6, FDSD, insertion of first dorsal fin to insertion of second dorsal fin; 7, FDAF, insertion of first dorsal fin to insertion of anal fin; 8, SDAF, insertion of second dorsal fin to insertion of anal fin; 9, FDPF, insertion of first dorsal fin to insertion of pelvic fin; 10, SDPF, insertion of second dorsal fin to insertion of pelvic fin; 11, PFL, pectoral fin length; 12, SDFL, second dorsal fin length; 13, AFL, anal fin length.

FIGURA 23. Caracteres morfométricos y siglas usadas en el análisis de variaciones geográficas del aleta amarilla. Los símbolos son los siguientes: 1, LT, longitud total; 2, HPD, del hocico a la inserción de la primera aleta dorsal; 3, HSD, del hocico al inserción de la segunda aleta dorsal; 4, HAA, del hocico al inserción de la aleta anal; 5, LC, longitud de la cabeza; 6, PDSD, de la inserción de la primera aleta dorsal a la inserción de la segunda aleta dorsal; 7, PDAA, de la inserción de la primera aleta dorsal a la inserción de la aleta anal; 8, SDAA, de la inserción de la segunda aleta dorsal a la inserción de la aleta anal; 9, PDAP, de la inserción de la primera aleta dorsal a la inserción de la aleta pélvica; 10, SDAP, de la inserción de la segunda aleta dorsal a la inserción de la aleta pélvica; 11, LAP, longitud de la aleta pectoral; 12, LSAD, longitud de la segunda aleta dorsal; 13, LAA, longitud de la aleta anal.

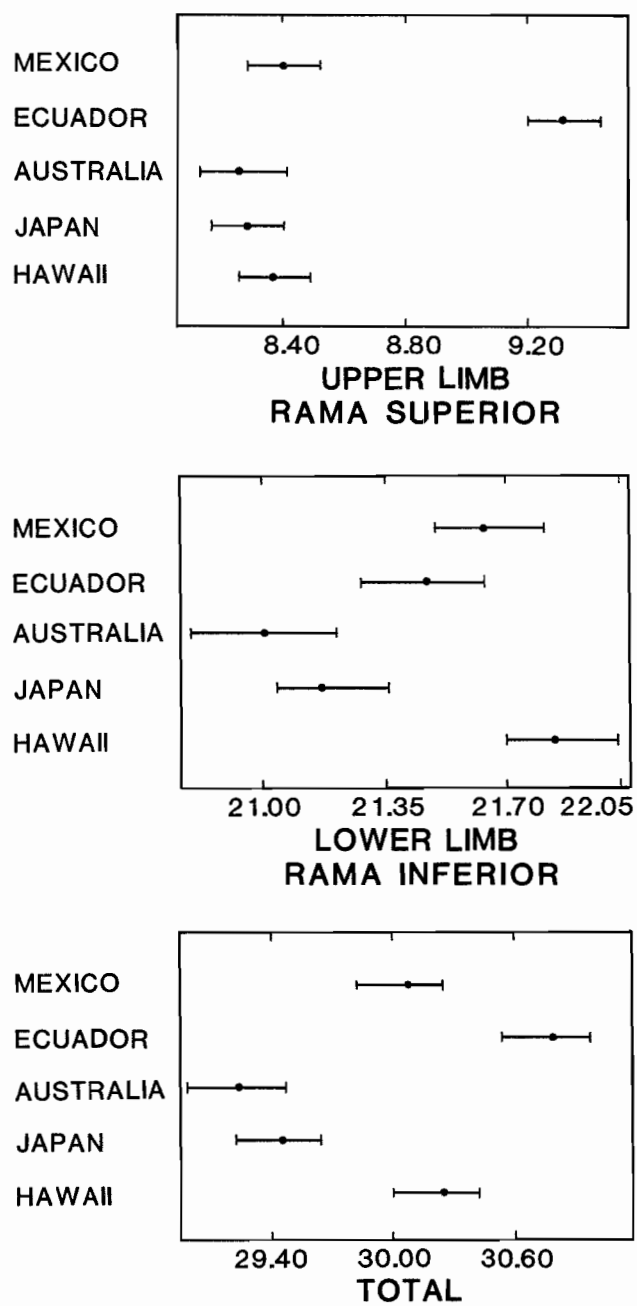


FIGURE 24. Means and 95-percent confidence limits for yellowfin gill raker counts, by area.

FIGURA 24. Promedios y límites del confianza de 95% del los conteos de branquiespinas del aleta amarilla, por zona.

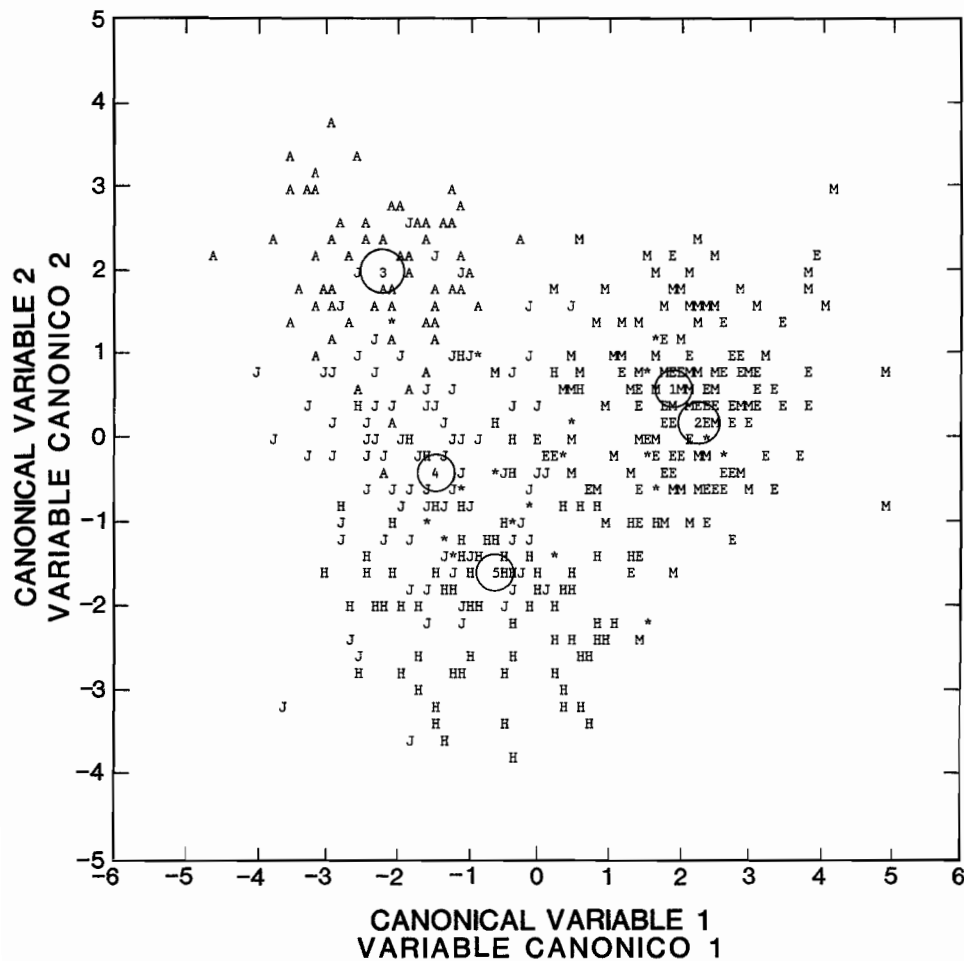


FIGURE 25. Plot of individuals, group centroids, and 95-percent confidence circles for the population centroids on canonical variables 1 and 2 from the stepwise discriminant analysis for the 5 groups and 12 adjusted morphometric characters plus the total gill raker counts. The symbols for the individual fish and group centroids are as follows: Mexico, M and 1; Ecuador, E and 2; Australia, A and 3; Japan, J and 4; Hawaii, H and 5.

FIGURA 25. Gráfico de los individuos, centroides de grupo, y círculos de confianza de 95% para los centroides de la población en las variables canónicas 1 y 2 del análisis discriminante por pasos para los 5 grupos y los 12 caracteres morfométricos ajustados más los conteos totales de las branquiespinas. Los símbolos para los peces individuales y los centroides de los grupos son los siguientes: México, M y 1; Ecuador, E y 2; Australia, A y 3; Japón, J y 4; Hawaii, H y 5.

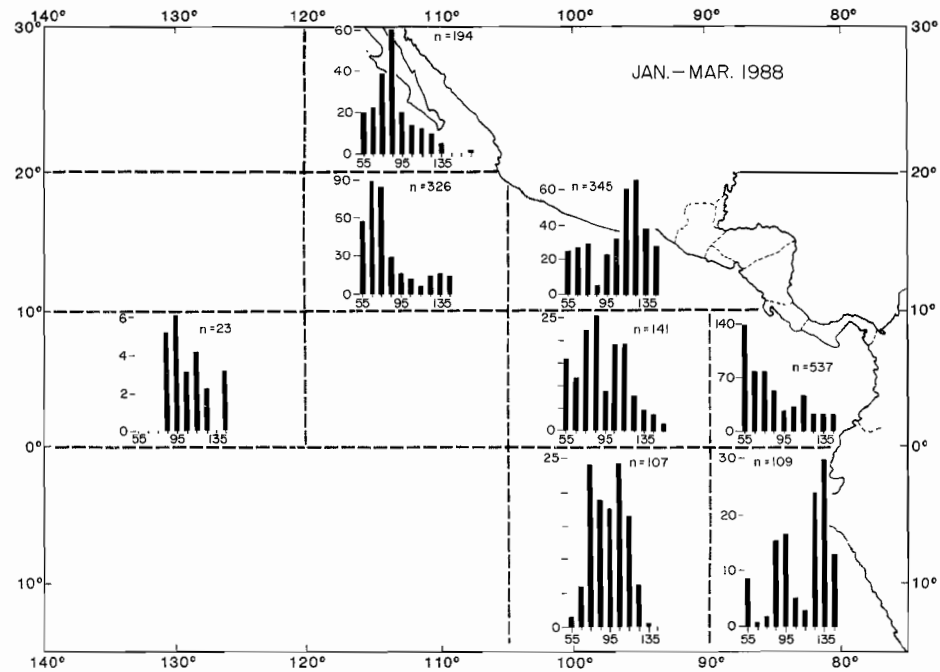


FIGURE 26. Length-frequency distributions, by areas, for the yellowfin from which gonads were sampled.
FIGURA 26. Distribuciones de las frecuencias de longitud, por áreas, para los aletas amarillas cuyas gónadas fueron muestreadas.

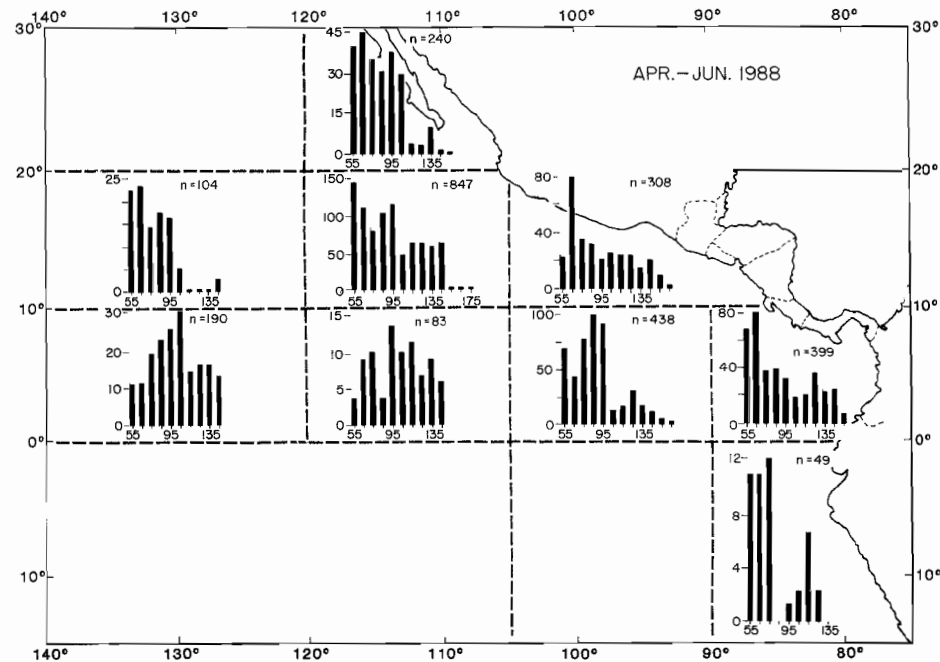


FIGURE 26. (continued)
FIGURA 26. (continuación)

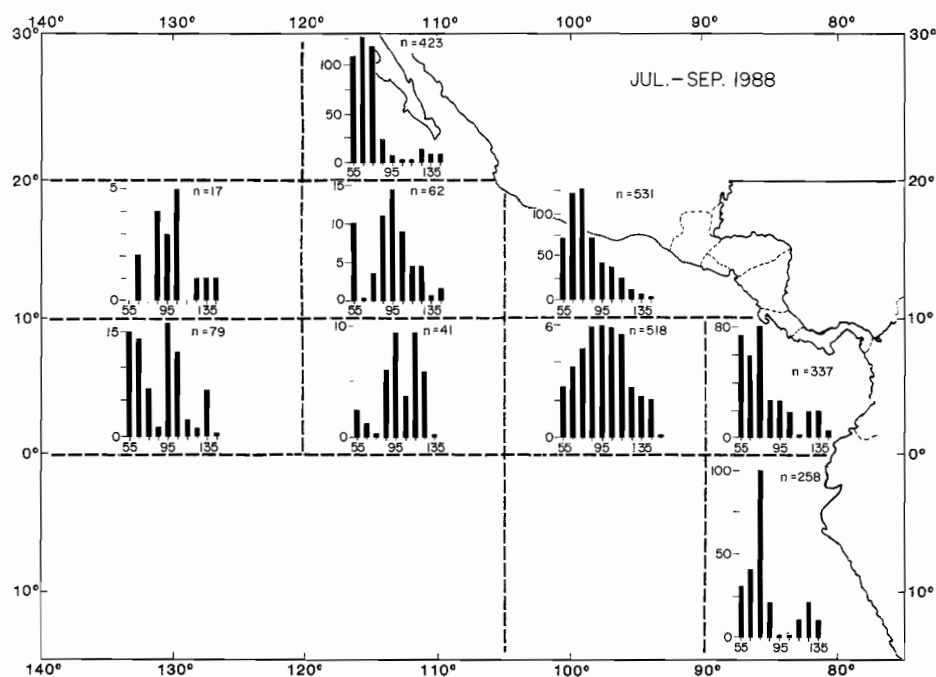


FIGURE 26. (continued)

FIGURA 26. (continuación)

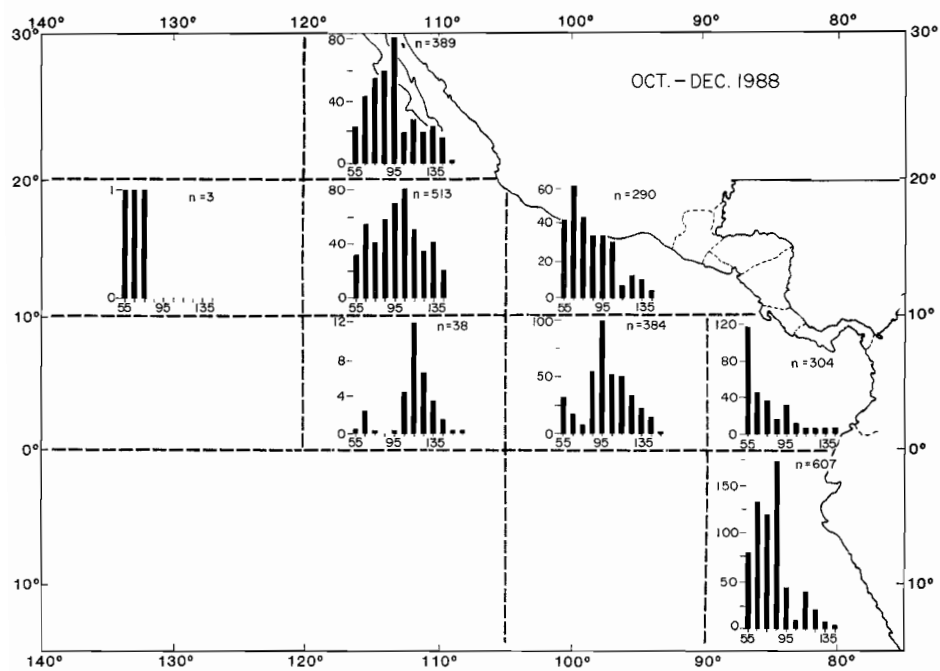


FIGURE 26. (continued)

FIGURA 26. (continuación)

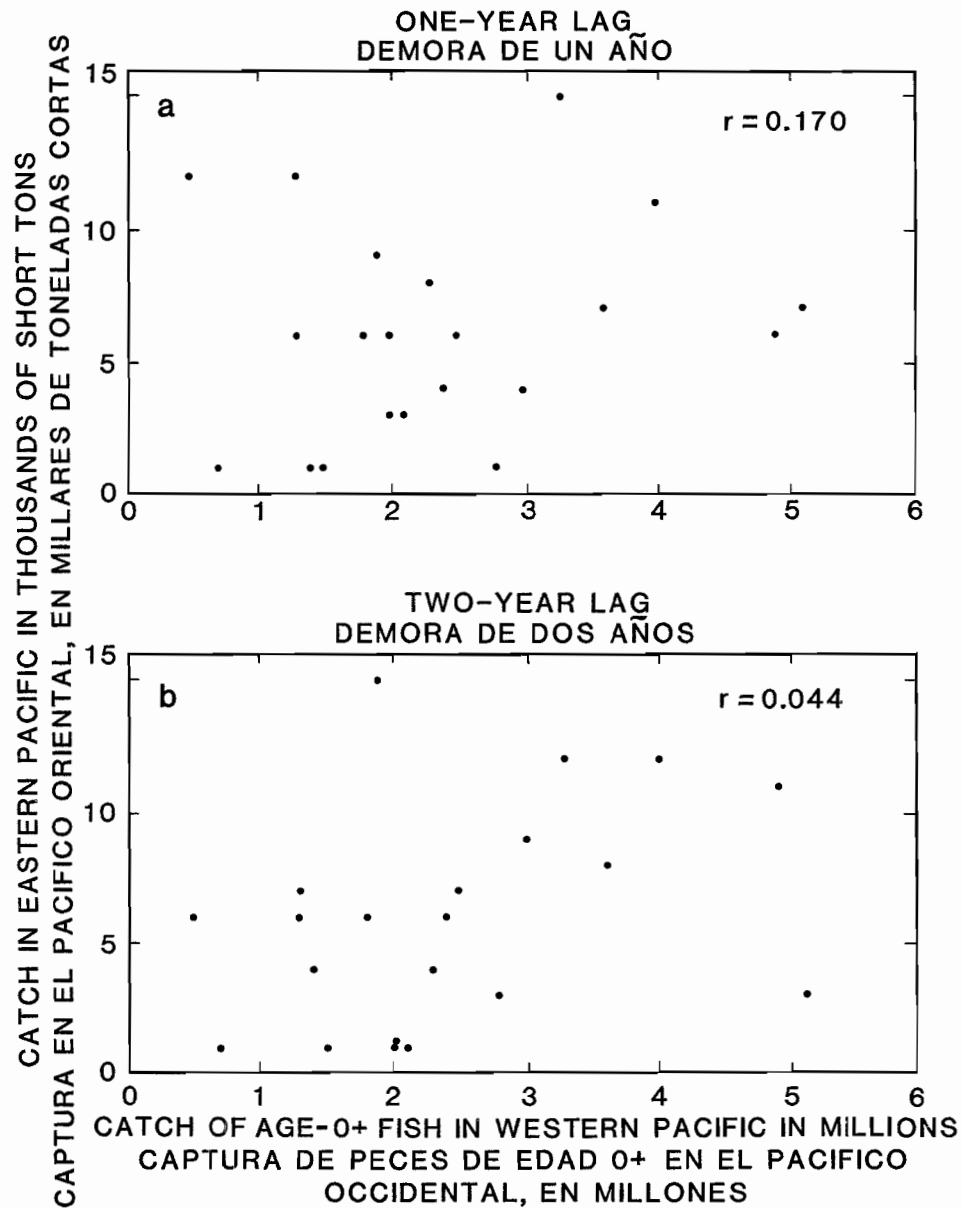


FIGURE 27. Relationship between (a) total catch of bluefin in the eastern Pacific and catch of age-0+ fish in the western Pacific 1 year earlier, (b) total catch of bluefin in the eastern Pacific and catch of age-0+ fish in the western Pacific 2 years earlier, (c) total catch of bluefin in the eastern Pacific and catch of age-1+ fish in the western Pacific in the same year, and (d) total catch of bluefin in the eastern Pacific and catch of age-2+ fish in the western Pacific in the same year.

FIGURA 27. Relación entre (a) captura total de aleta azul en el Pacífico oriental contra captura de peces de edad 0+ en el Pacífico occidental un año antes; (b) captura total en el Pacífico oriental contra captura de peces de edad 0+ en el Pacífico occidental dos años antes; (c) captura total en el Pacífico oriental contra captura de peces de edad 1+ en el Pacífico occidental ese mismo año; (d) captura total en el Pacífico oriental contra captura de peces de edad 2+ en el Pacífico occidental ese mismo año.

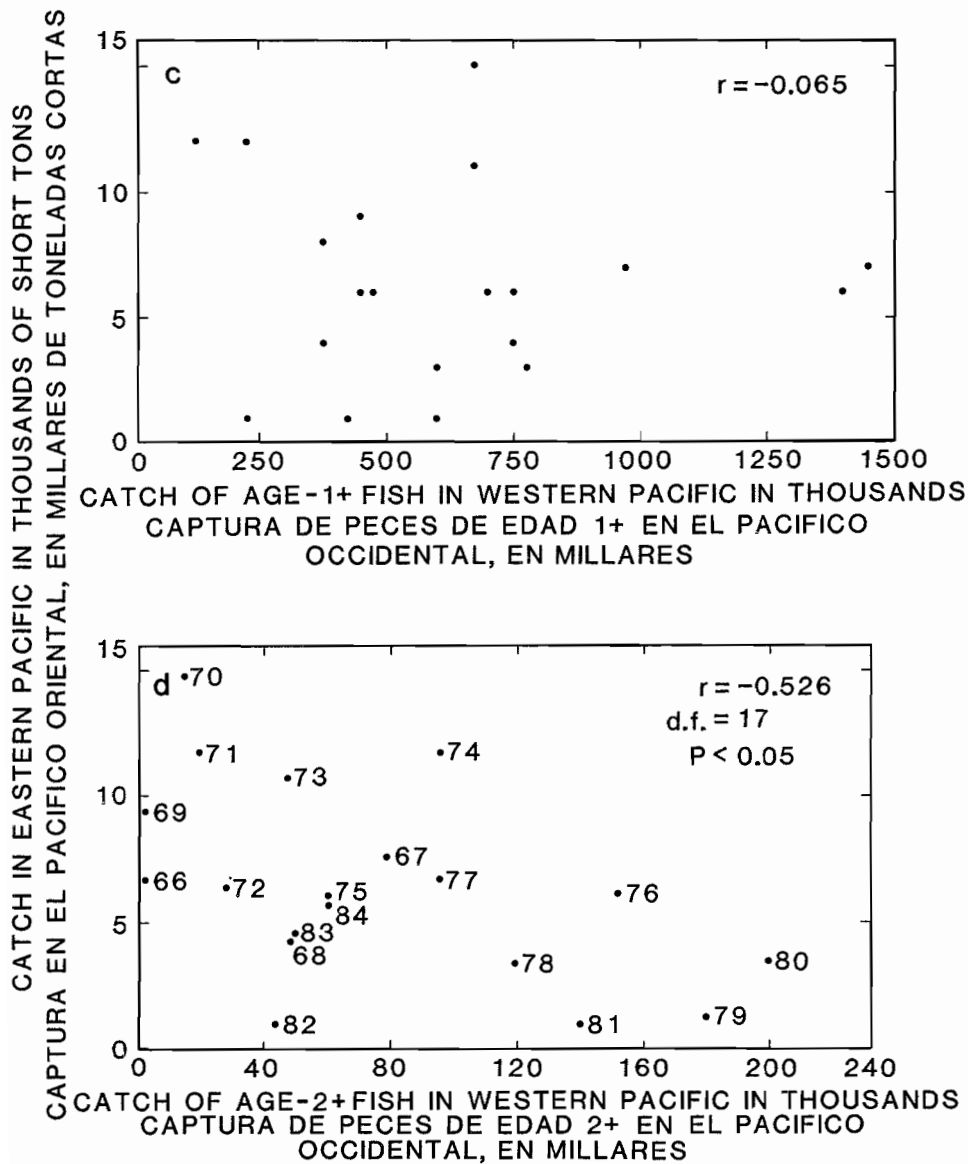


FIGURE 27. (continued)

FIGURA 27. (continuación)

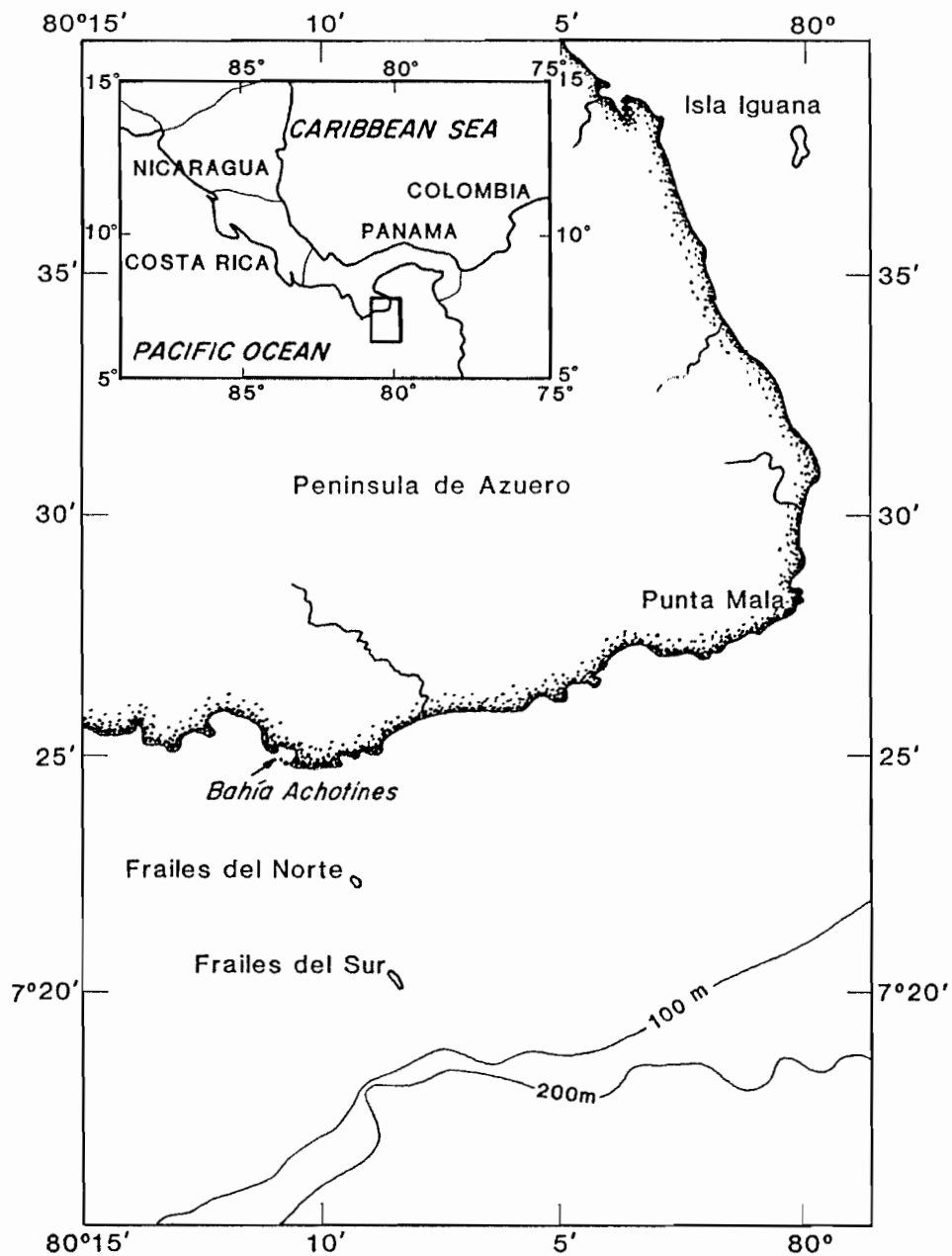


FIGURE 28. Location of Achotines Bay, Panama. The Achotines Laboratory is located on the east side of the bay.

FIGURA 28. Ubicación de la Bahía de Achotines, Panamá. El laboratorio está situado al borde este de la bahía.

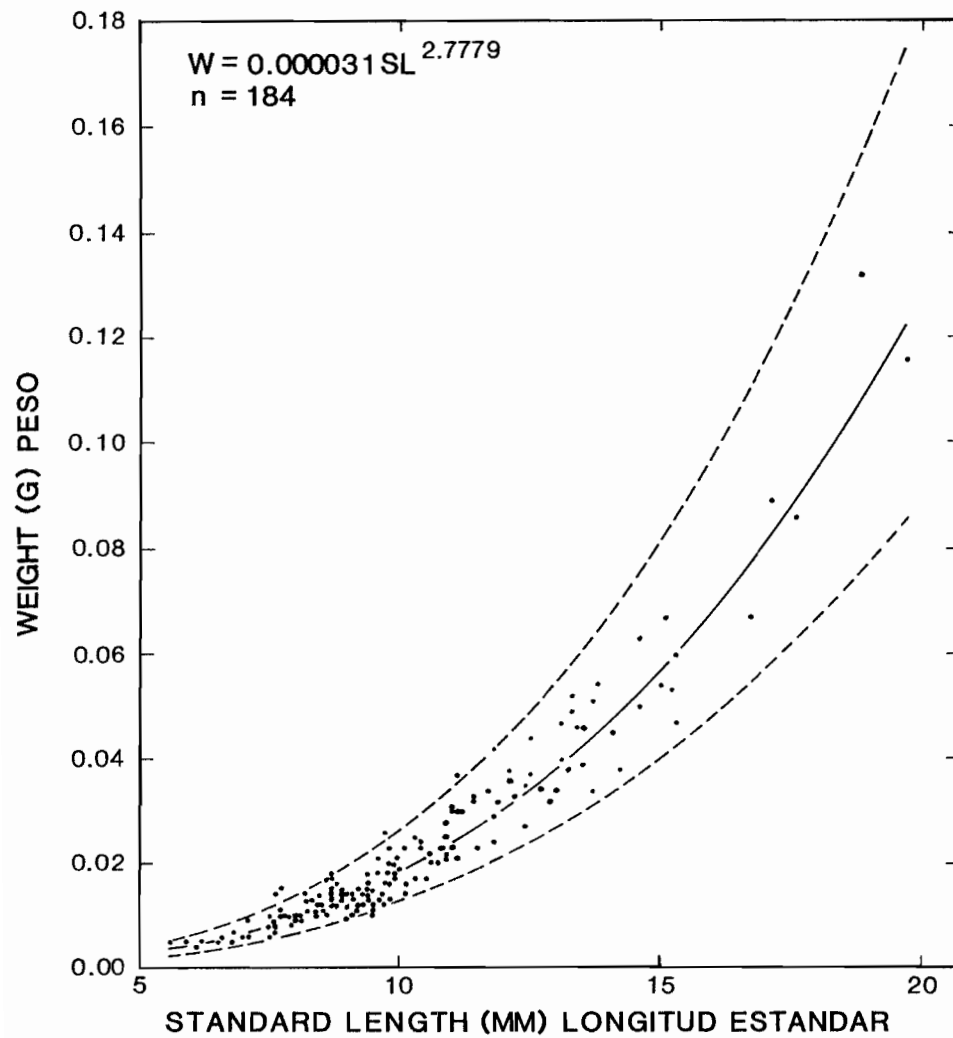


FIGURE 29. Standard lengths and weights taken soon after capture of 184 late larval and early juvenile black skipjack. The power function at the log-log fitted regression line and the 95-percent prediction belts of weight on length are included.

FIGURA 29. Longitud estándar y peso de 184 barriletes negros larvales tardíos y juveniles tempranos, medidos poco después de su captura. Se incluyen la función de potencia en la línea de regresión ajustada de log-log y las bandas de predicción de 95% de peso a longitud.

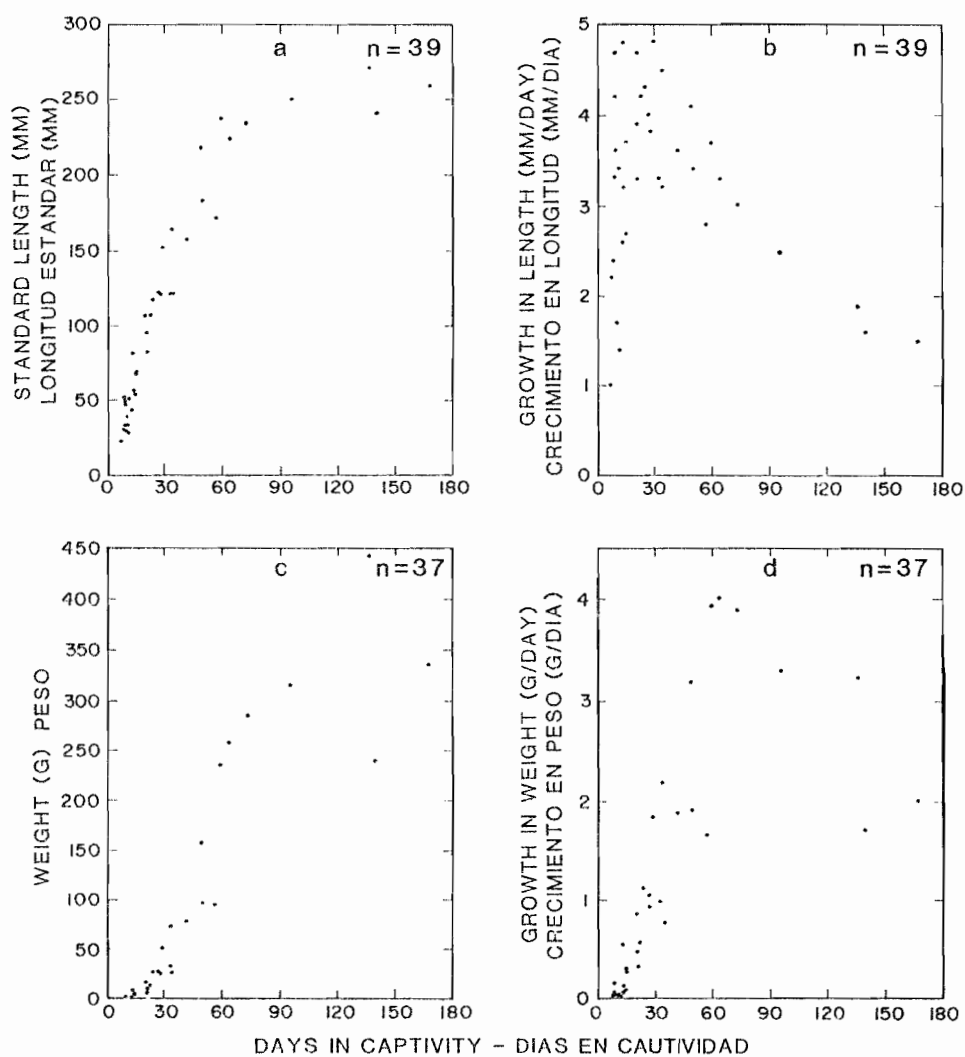


FIGURE 30. Standard lengths (Panel a), growth in length rates averaged over the duration of captivity (Panel b), weights (Panel c), and growth in weight rates averaged over the duration of captivity (Panel d) of juvenile black skipjack at the end of laboratory growth experiments *versus* days in captivity. Two fish held 11 days were not weighed.

FIGURA 30. Longitud estándar (Recuadro a), tasas de crecimiento en longitud promediadas para la duración del cautiverio (Recuadro b), peso (Recuadro c), y tasas de crecimiento en peso promediadas para la duración del cautiverio (Recuadro d) de barriletes negros juveniles al fin de los experimentos de crecimiento en el laboratorio *versus* días en cautiverio. Dos peces mantenidos 11 días no fueron pesados.

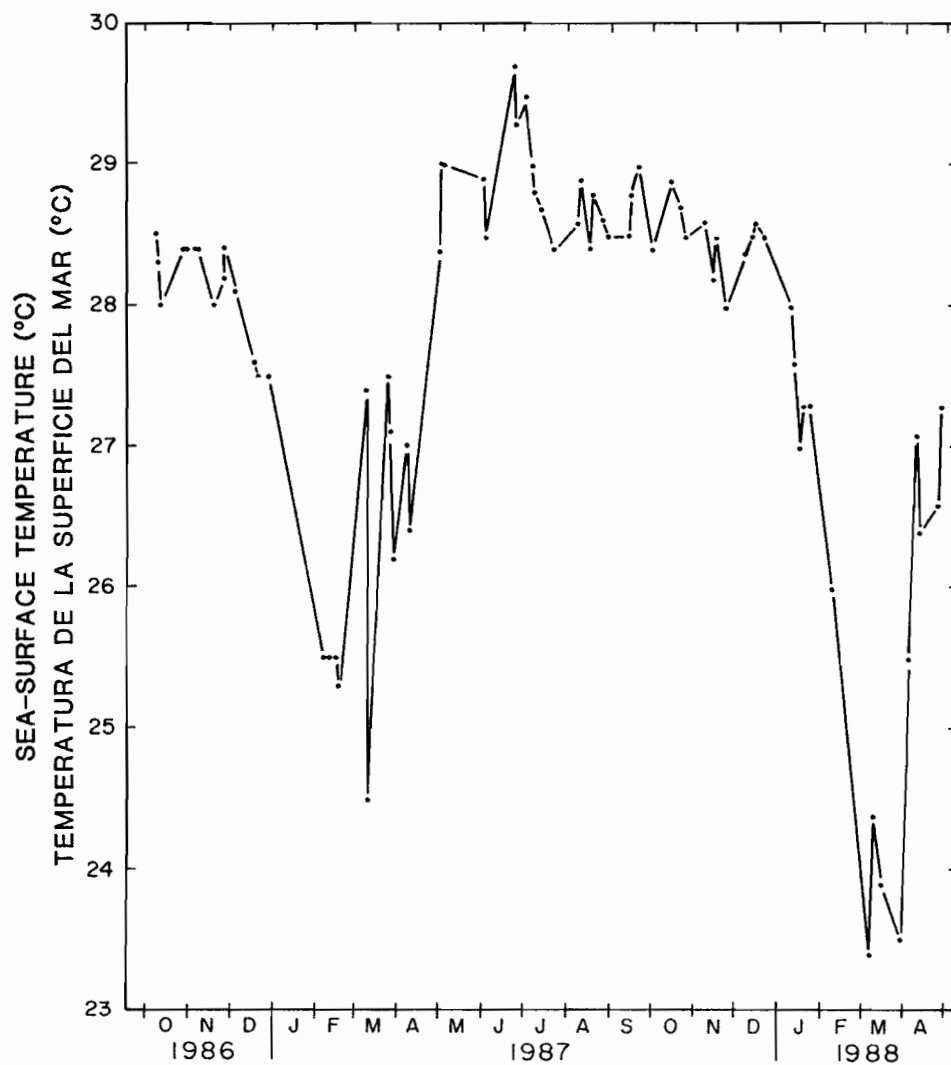


FIGURE 31. Sea-surface temperatures at the times and locations of nightlighting off Achotines Bay from October 1986 through April 1988.

FIGURA 31. Temperaturas de la superficie del mar a las horas y en las posiciones de pesca de especímenes cerca de la Bahía de Achotines entre octubre de 1986 y abril de 1988.

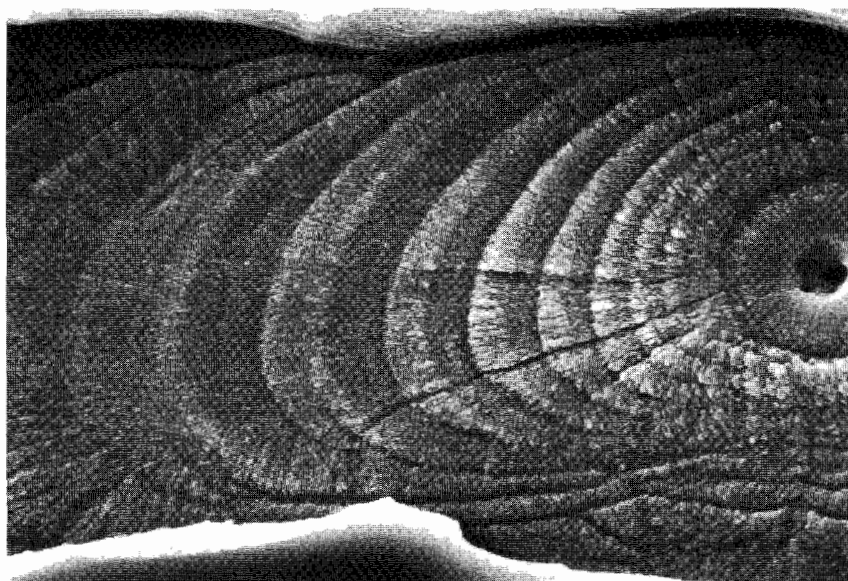


FIGURE 32. Scanning electron micrograph of the etched frontal section of a sagitta from a 12.5-mm early juvenile black skipjack. The first nine increments are shown.

FIGURA 32. Micrografía de barrida electrónica de la sección frontal grabada de una ságita de un barrilete negro juvenil de 12.5 mm. Se muestran los primeros nueve incrementos.

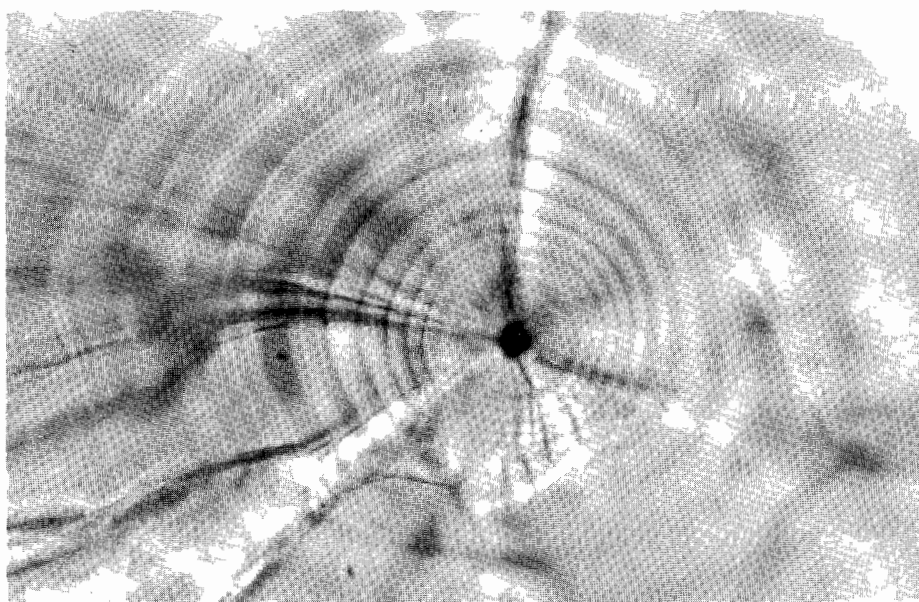


FIGURE 33. Photomicrograph (250x) under light microscopy of the primordium region of a sagitta of a 12.5-mm black skipjack. The first nine increments are shown.

FIGURA 33. Fotomicrografía (250x), tomada bajo microscopio de luz, de la región del primordium de una ságita de un barrilete negro de 12.5 mm. Se muestran los primeros nueve incrementos.

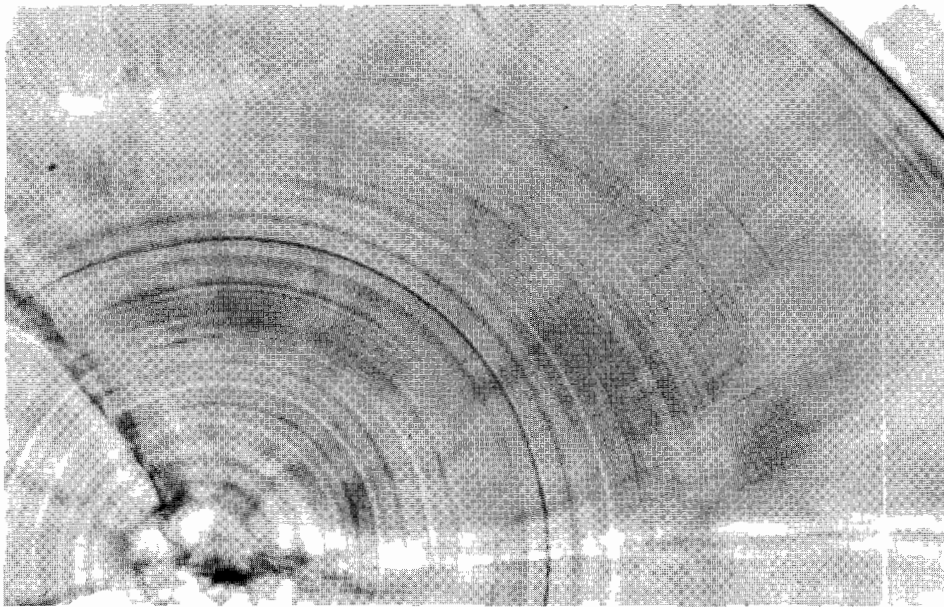


FIGURE 34. Photomicrograph (250x) under light microscopy of the post-rostrum region of a sagitta of a 14.6-mm black skipjack. It can be seen that the increments, after the ninth one, are less defined and irregularly spaced.

FIGURA 34. Fotomicrografía (250x), tomada bajo microscopio de luz, de la región del postrostrum de una ságita de un barrilete negro de 14.6 mm. Se puede ver que, a partir del noveno, los incrementos están mal definidos y que la separación entre ellos es irregular.

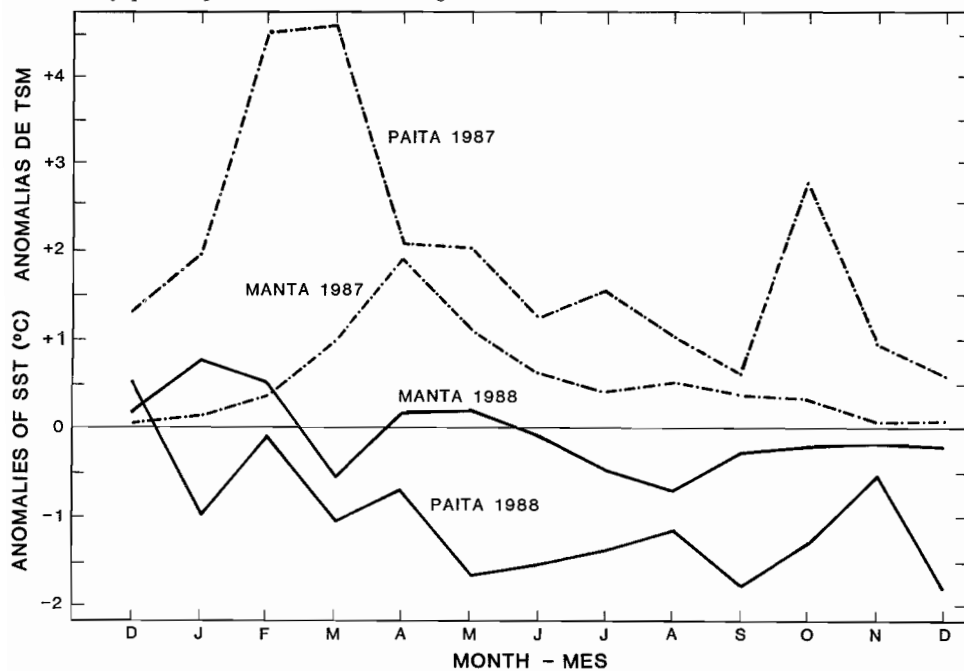


FIGURE 35. SST anomalies at two shore stations on the Pacific coast of South America.

FIGURA 35. Anomalías de las TSM en dos estaciones costeras en el litoral Pacífico de Sudamérica.

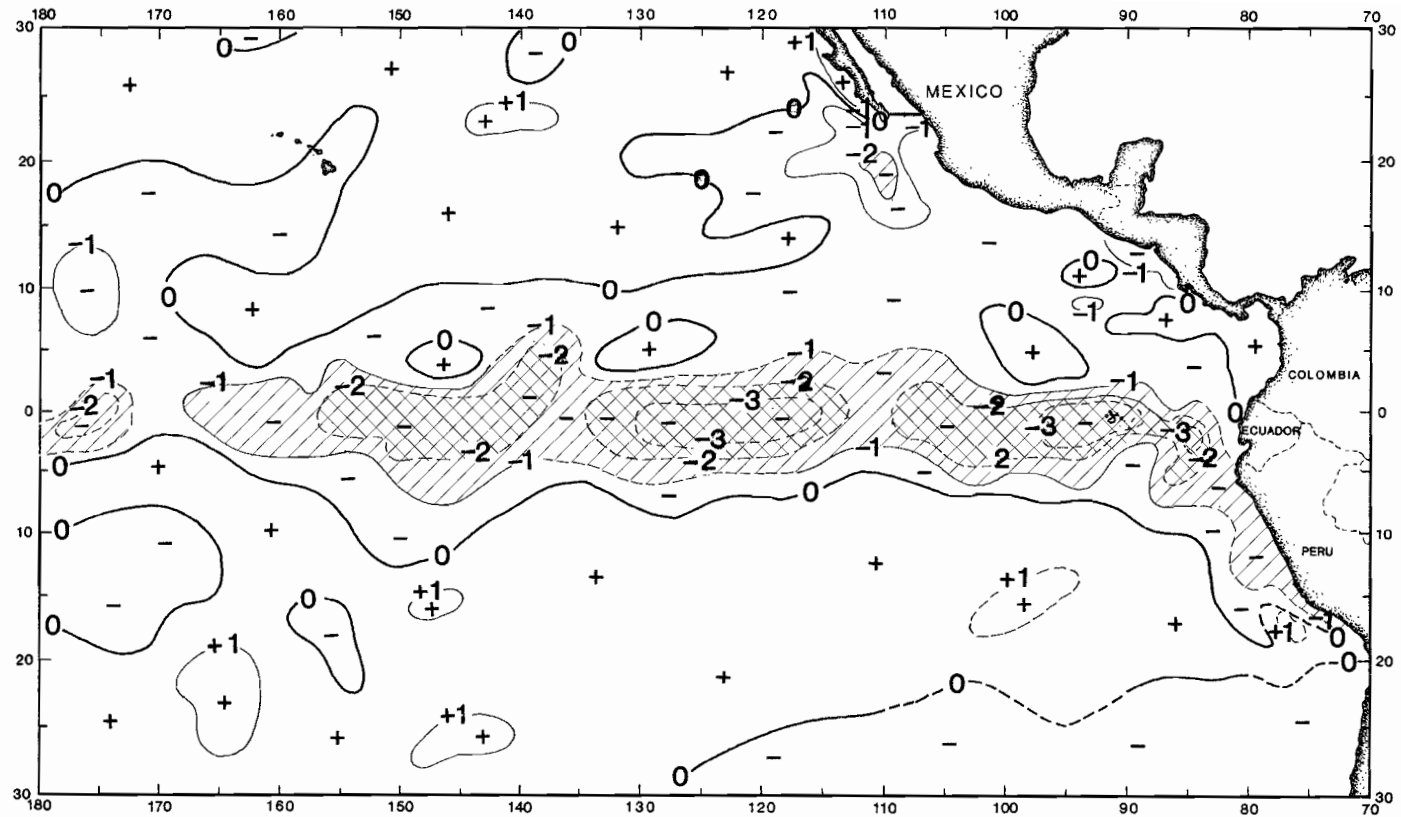


FIGURE 36. SST anomalies for July 1988, based on data from commercial ships and fishing vessels. The areas with SSTs from 1° to 2°C below normal are hatched and those with SSTs more than 2°C below normal are cross-hatched.

FIGURA 36. Anomalías de las TSM en julio de 1988, basadas en datos recibidos de barcos pesqueros y mercantes. Las áreas sombreadas mostraron TSM entre 1° y 2°C inferiores a lo normal, y las doblemente sombreadas TSM más de 2° inferiores a lo normal.

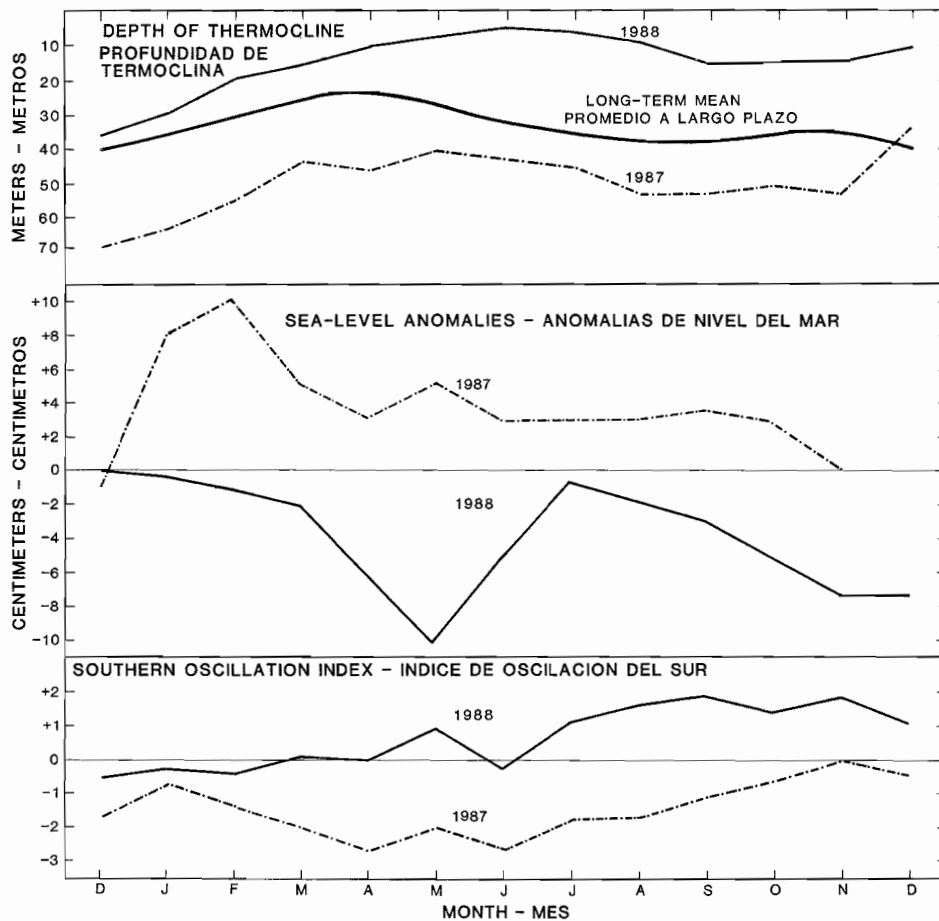


FIGURE 37. Thermocline depth anomalies east of 115°W, sea-level anomalies based on the averages of anomalies at three coastal stations from Colombia to northern Peru, and Southern Oscillation Indices. The data are all from "Climate Diagnostics Bulletin," published by the Climate Analysis Center, U.S. National Weather Service, Washington, D.C.

FIGURA 37. Anomalías en la profundidad de la termoclina al este de 115°W, anomalías en el nivel del mar basadas en los promedios de anomalías en tres estaciones costeras entre Colombia y el norte del Perú, e Índices de Oscilación del Sur. Los datos provienen del "Climate Diagnostics Bulletin", publicado por el Climate Analysis Center, U.S. National Weather Service, Washington, D.C., EE.UU.

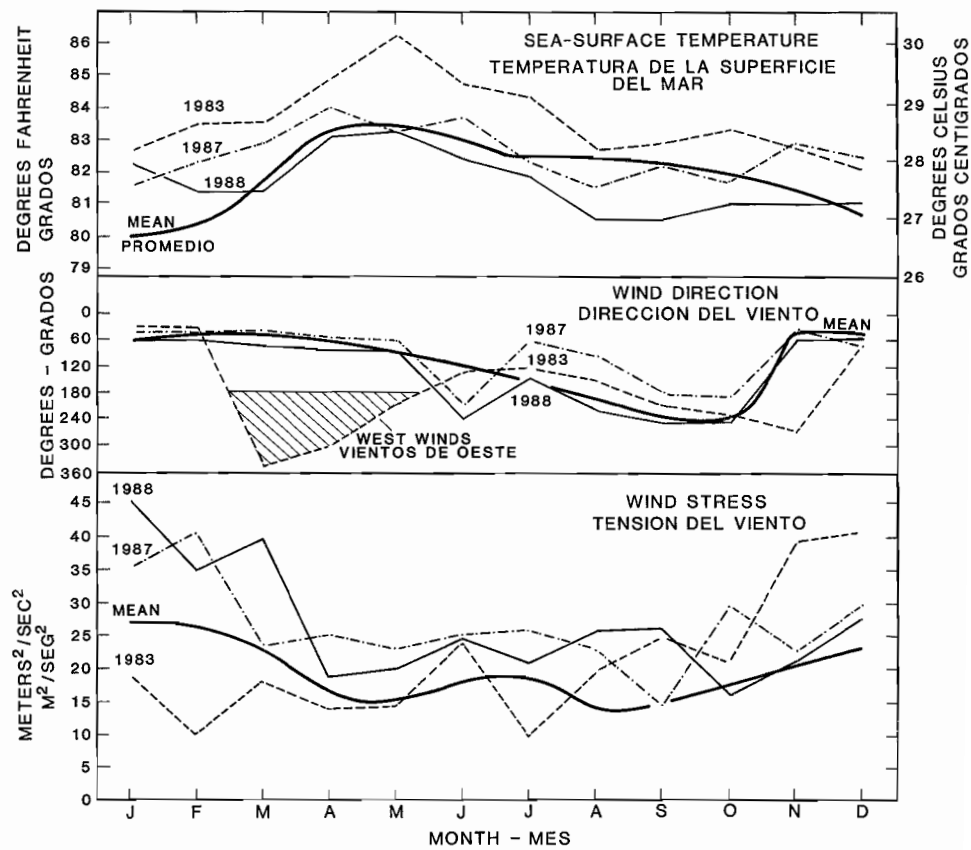


FIGURE 38. Monthly mean values of sea-surface temperature, wind direction, and wind stress at the Costa Rica Dome.

FIGURA 38. Valores medios mensuales en el Domo de Costa Rica de TSM, dirección del viento, y tensión del viento.

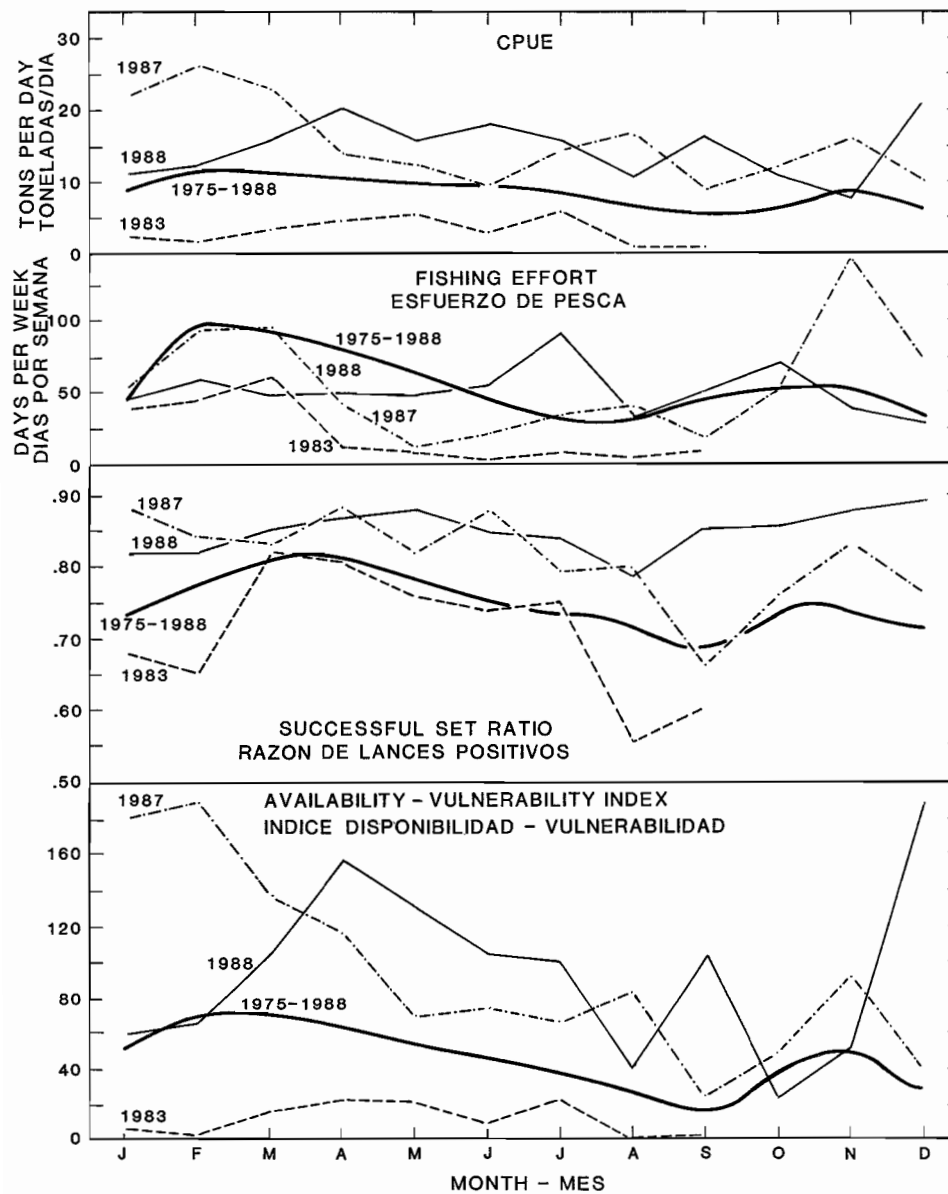


FIGURE 39. Monthly mean values of catch per unit of effort, effort, successful set ratio, and availability-vulnerability index for yellowfin at the Costa Rica Dome.

FIGURA 39. Valores medios mensuales en el Domo de Costa Rica de captura por unidad de esfuerzo, esfuerzo, razón de lances positivos, y el índice de disponibilidad-vulnerabilidad de aleta amarilla.

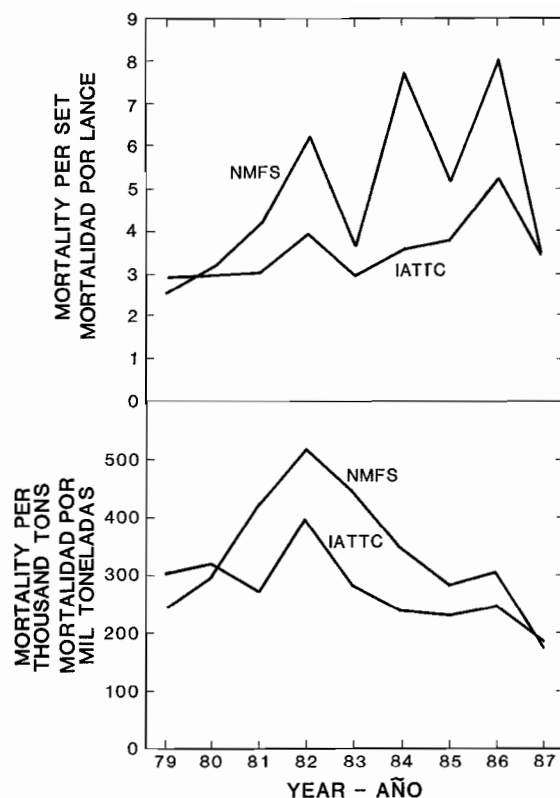


FIGURE 40. Mortalities of dolphins for U.S. vessels with NMFS observers and IATTC technicians aboard.

FIGURA 40. Mortalidad de delfines correspondientes a barcos estadounidenses con observadores del NMFS y técnicos de la CIAT a bordo.

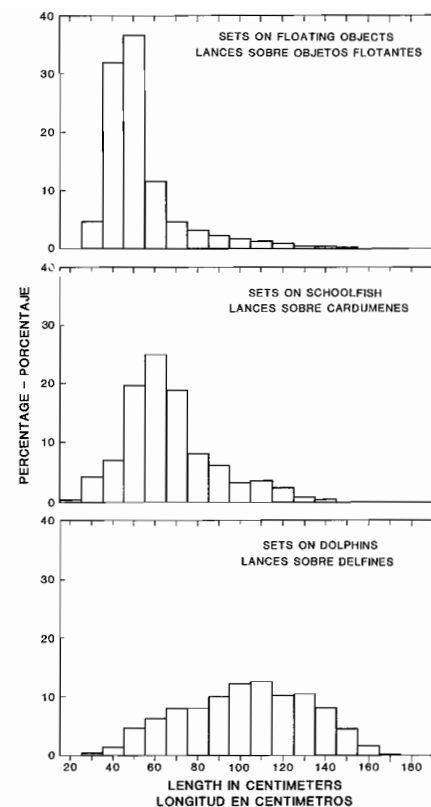


FIGURE 41. Length frequencies of yellowfin tuna caught in floating-object, school-fish, and dolphin sets during 1974–1985.

FIGURA 41. Frecuencias de longitud de atunes aleta amarilla capturados en lances sobre objetos flotantes, brisas, y delfines entre 1974 y 1985.

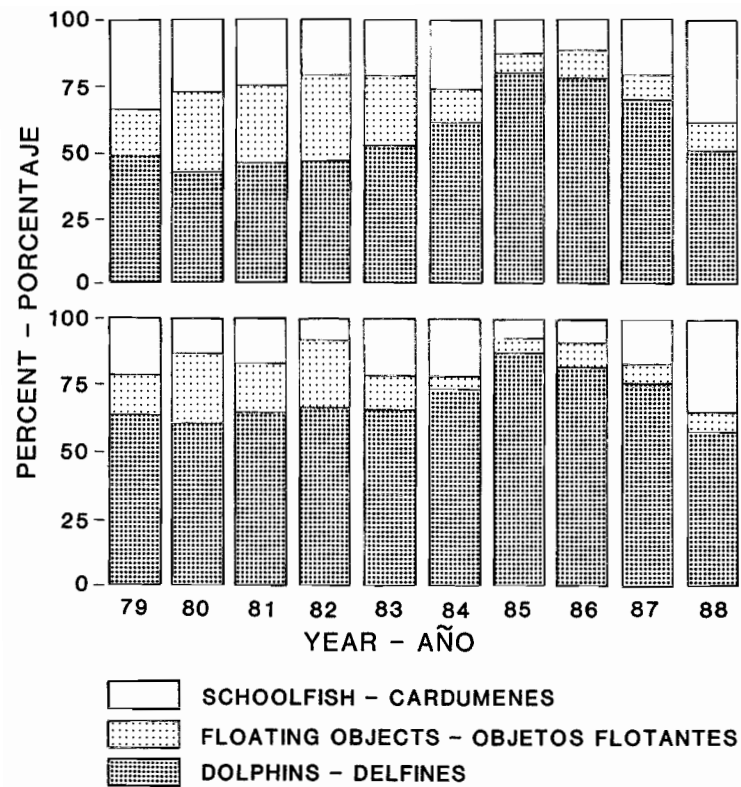


FIGURE 42. Percentages of sets (upper panel) and percentages of tonnages of yellowfin caught (lower panel), by set type.

FIGURA 42. Porcentajes de lances (recuadro superior) y porcentajes de tonelaje de aleta amarilla capturado (recuadro inferior), por tipo de lance.

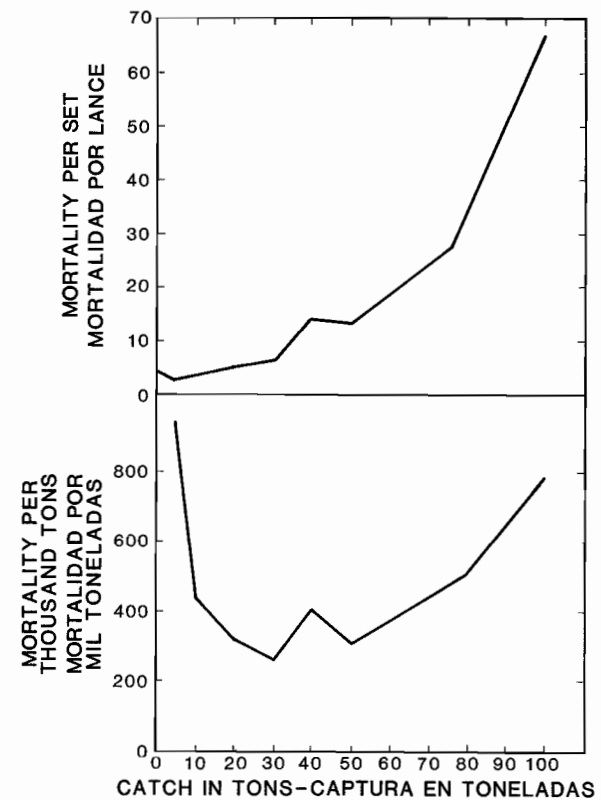


FIGURE 43. Mortalities of dolphins *versus* catches of yellowfin tuna. This figure includes IATTC and NMFS data for 1979–1987 and IATTC data only for 1988.

FIGURA 43. Mortalidad de delfines *versus* captura de atún aleta amarilla. La figura incluye datos de la CIAT y el NMFS para 1979–1987 y de la CIAT solamente para 1988.

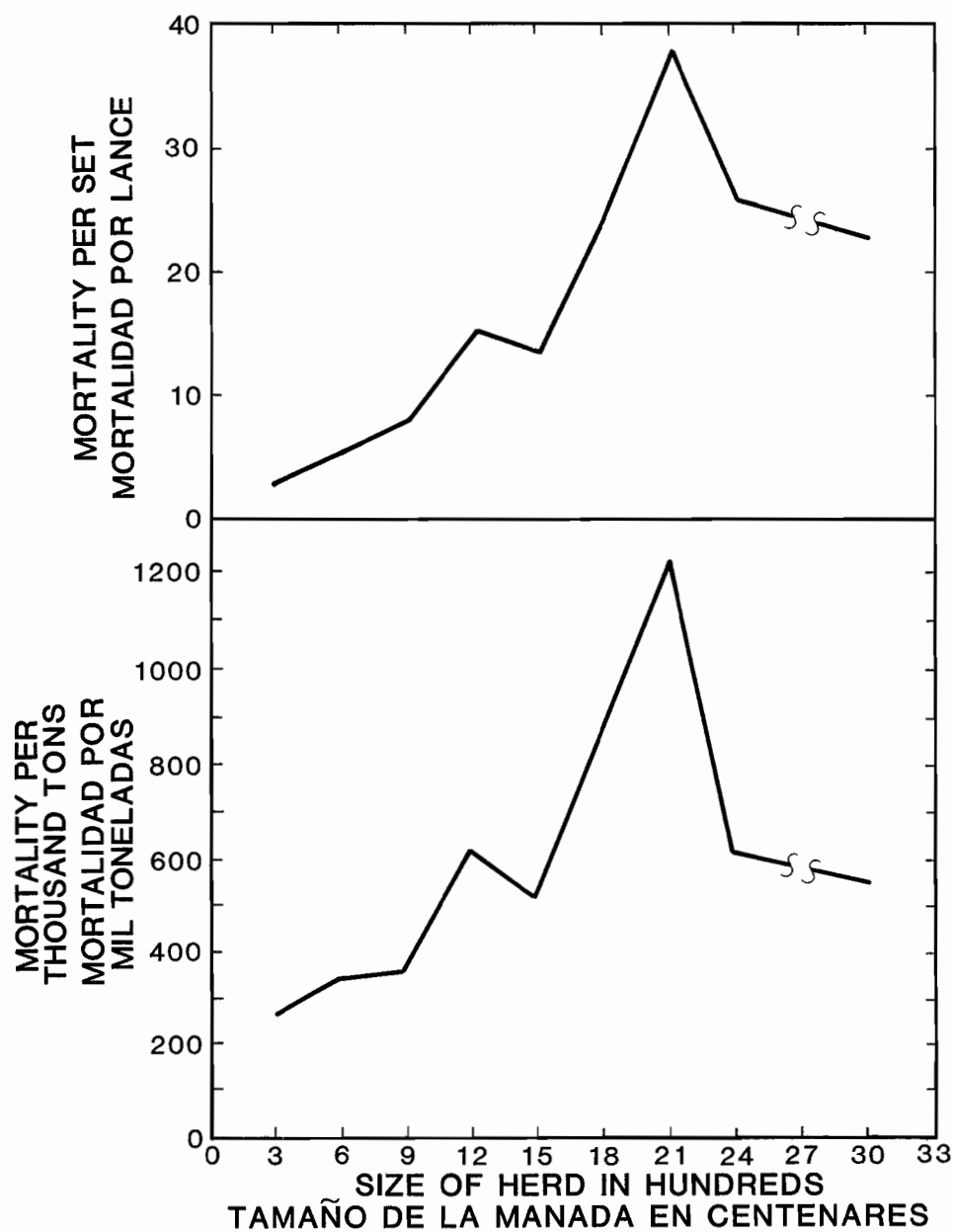


FIGURE 44. Mortalities of dolphins *versus* sizes of dolphin herds. This figure includes IATTC and NMFS data for 1979–1987 and IATTC data only for 1988.

FIGURA 44. Mortalidad de delfines *versus* tamaño de la manada. La figura incluye datos de la CIAT y el NMFS para 1979–1987 y de la CIAT solamente para 1988.

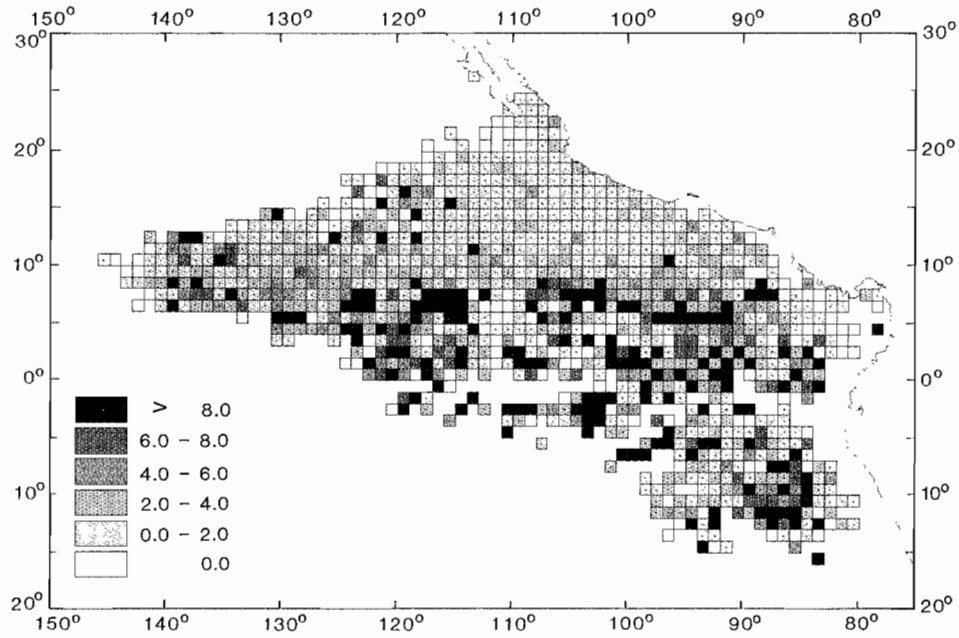


FIGURE 45. Average mortality per set for spotted dolphins, 1979–1987.

FIGURA 45. Mortalidad media por lance para delfines manchados, 1979–1987.

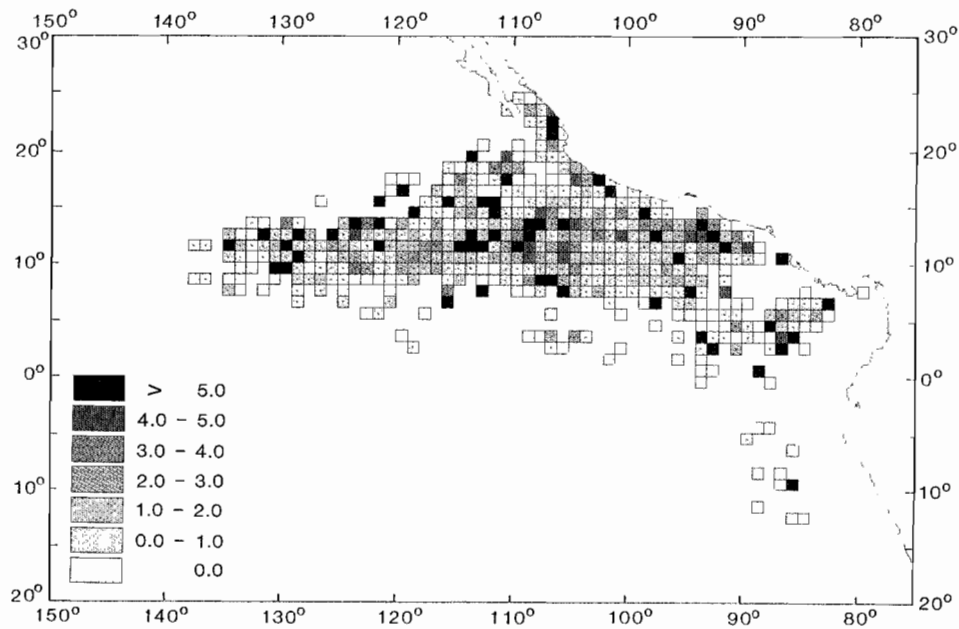


FIGURE 46. Average mortality per set for eastern spinner dolphins, 1979–1987.

FIGURA 46. Mortalidad media por lance para delfines tornillo oriental, 1979–1987.

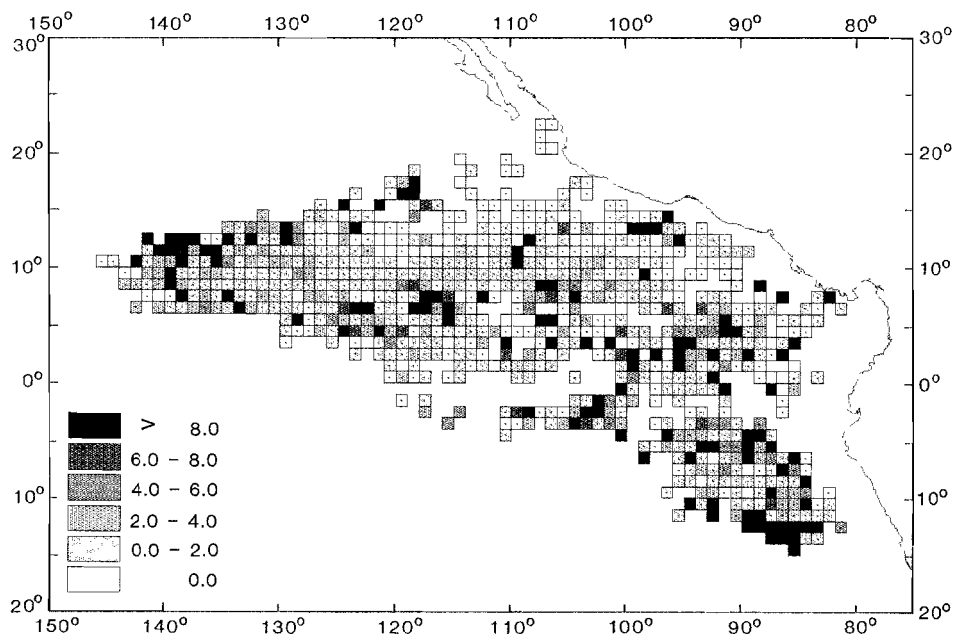


FIGURE 47. Average mortality per set for whitebelly spinner dolphins, 1979–1987.

FIGURA 47. Mortalidad media por lance para delfines tornillo panza blanca, 1979–1987.

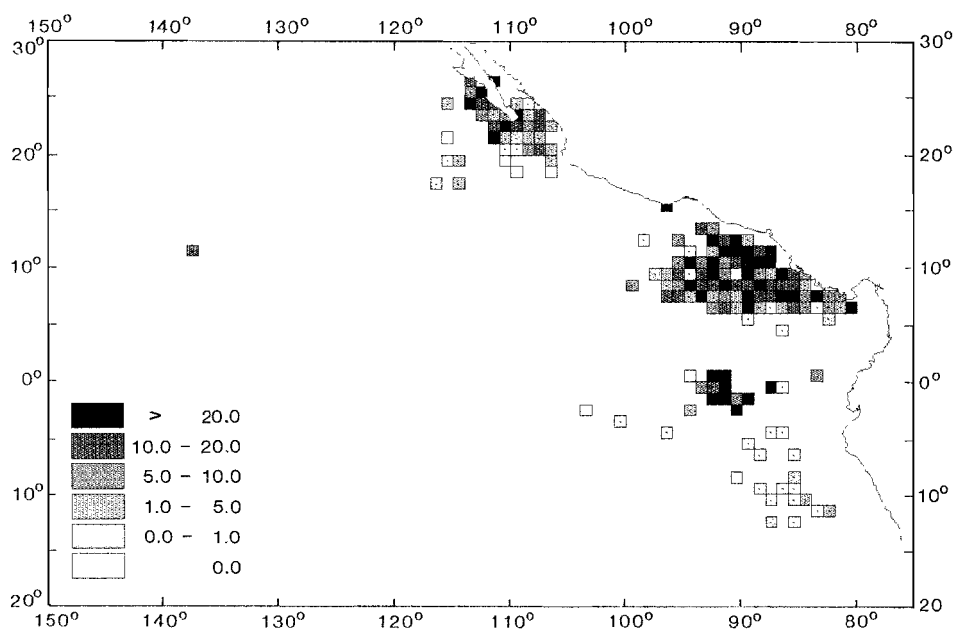


FIGURE 48. Average mortality per set for common dolphins, 1979–1987.

FIGURA 48. Mortalidad media por lance para delfines comunes, 1979–1987.

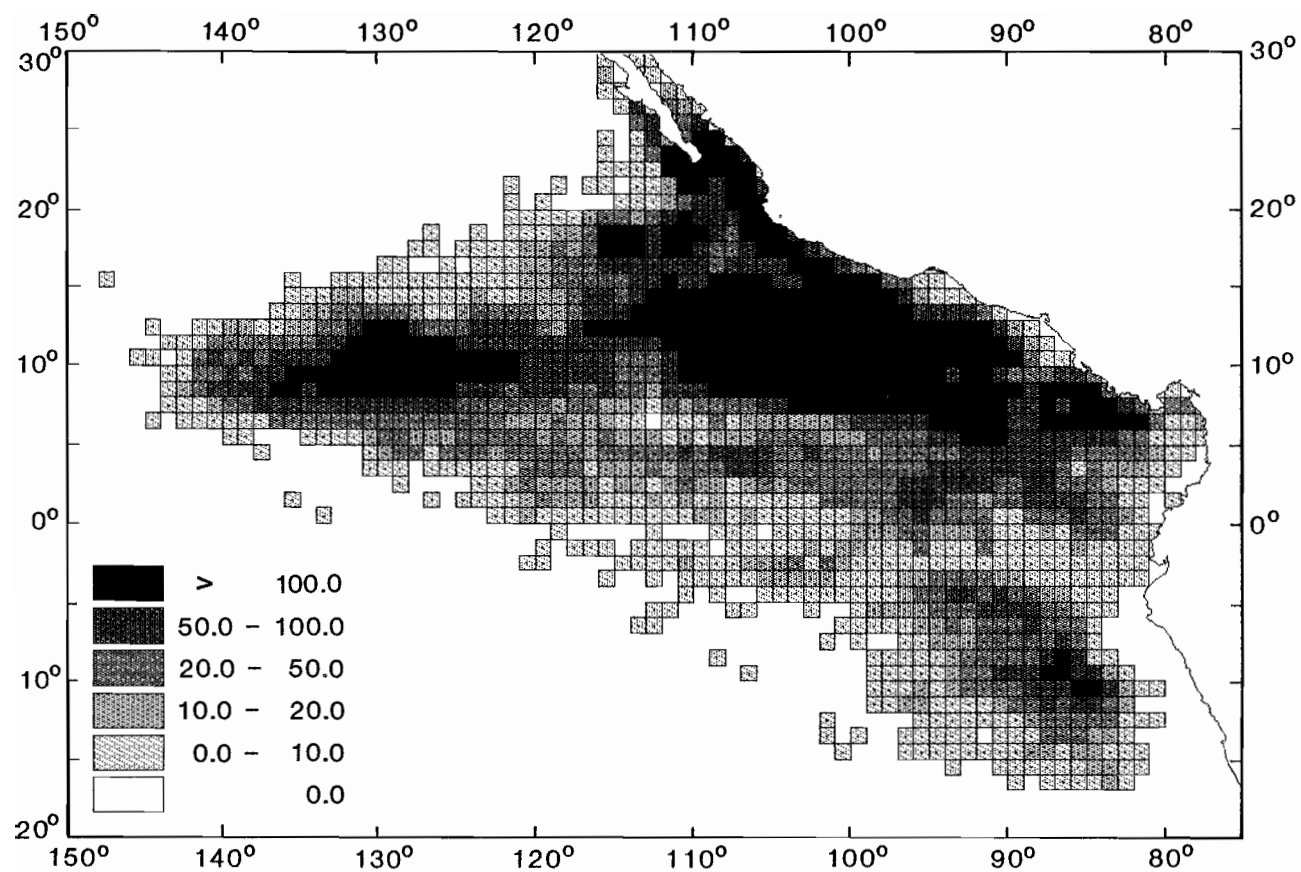


FIGURE 49. Numbers of dolphin sets made in 1-degree areas of the EPO during 1976–1987.

FIGURA 49. Cantidad de lances sobre delfines realizados en áreas de 1° en el OPO, 1976–1987.

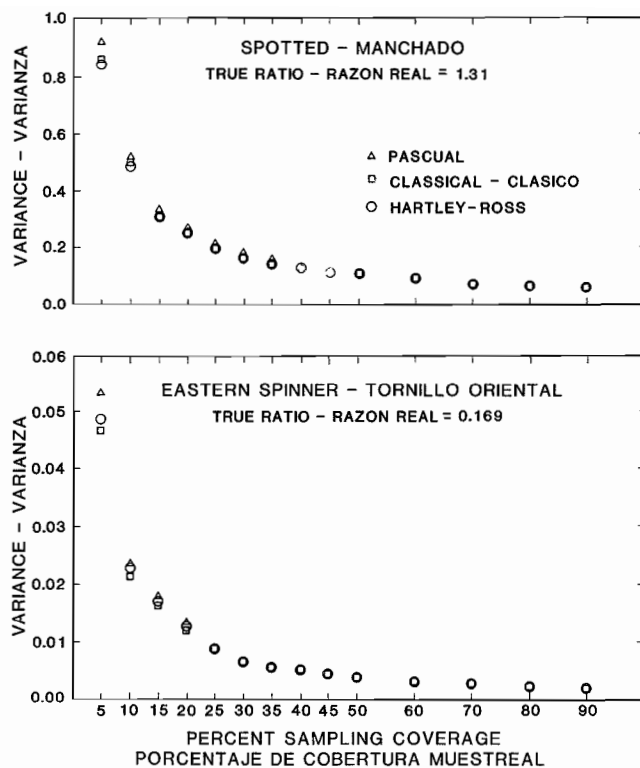


FIGURE 50. Effects of different sampling coverages on variance, using mortality per set data for 1979 and the bootstrap versions of the classical, Hartley-Ross, and Pascual formulae.

FIGURA 50. Los efectos sobre la varianza de distintas coberturas muestrales, usando datos de mortalidad por lance para 1979 y las versiones "bootstrap" de las fórmulas clásica, Hartley Ross, y Pascual.

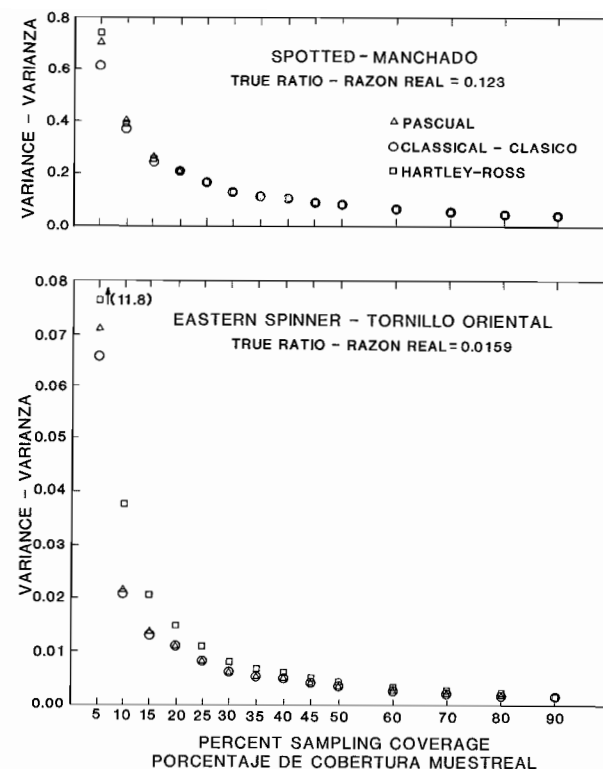


FIGURE 51. Effects of different sampling coverages on variance, using mortality per thousand tons data for 1979 and the bootstrap versions of the classical, Hartley-Ross, and Pascual formulae.

FIGURA 51. Los efectos sobre la varianza de distintas coberturas muestrales, usando datos de mortalidad por mil toneladas para 1979 y las versiones "bootstrap" de las fórmulas clásica, Hartley Ross, y Pascual.

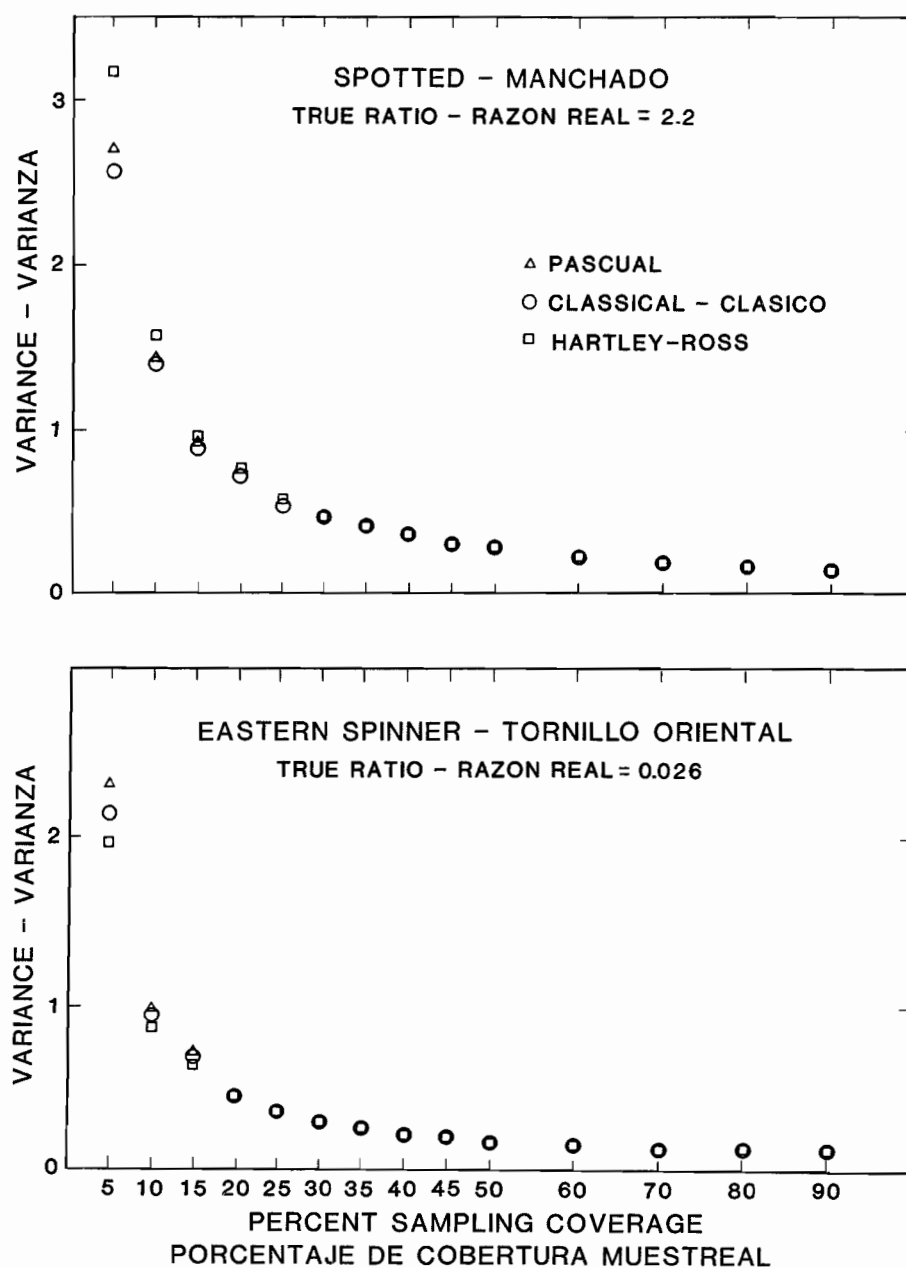


FIGURE 52. Effects of different sampling coverages on variance, using mortality per set (top panel) and mortality per thousand tons (bottom panel) data for 1981 and the bootstrap versions of the classical, Hartley-Ross, and Pascual formulae.

FIGURA 52. Los efectos sobre la varianza de distintas coberturas muestrales, usando datos de mortalidad por lance (recuadro superior) y mortalidad por mil toneladas (recuadro inferior) para 1981 y las versiones "bootstrap" de las fórmulas clásica, Hartley Ross, y Pascual.

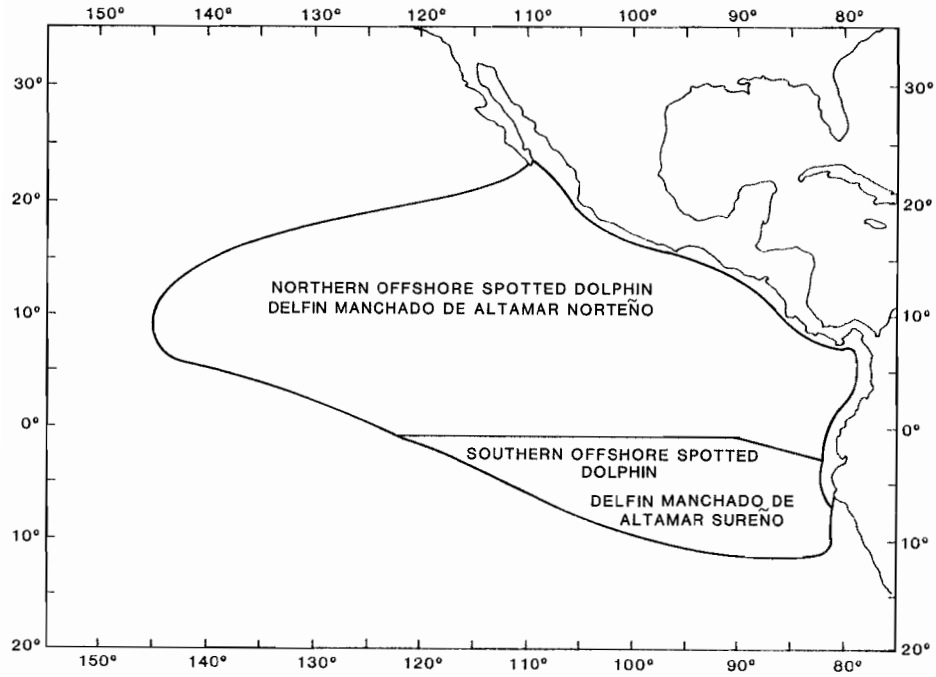


FIGURE 53. Stock boundaries for offshore spotted dolphins in the EPO.

FIGURA 53. Límites de los stocks de delfines manchados de altamar en el EPO.

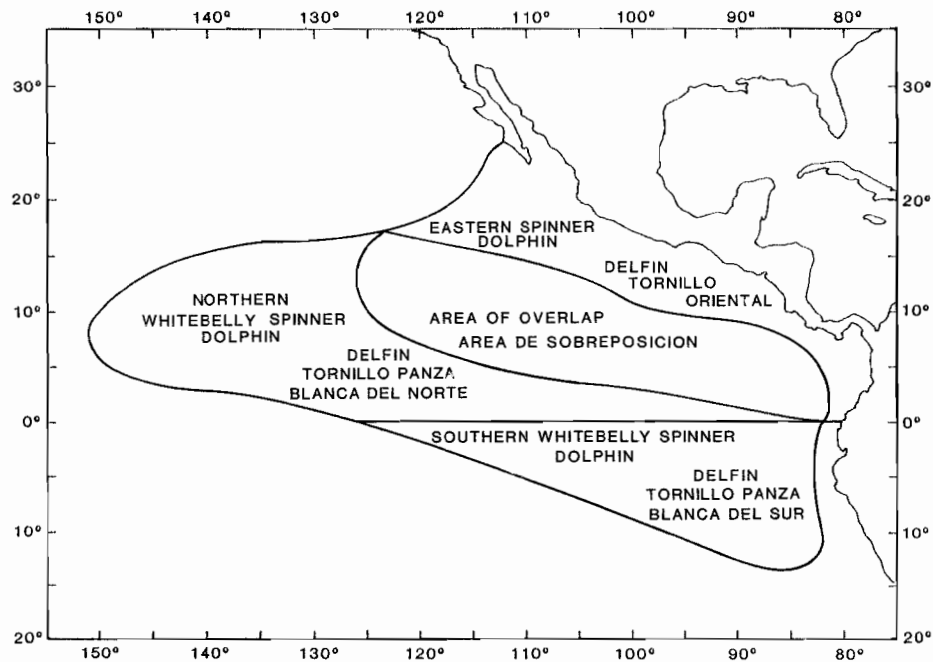


FIGURE 54. Stock boundaries for spinner dolphins in the EPO.

FIGURA 54. Límites de los stocks de delfines tornillos en el EPO.

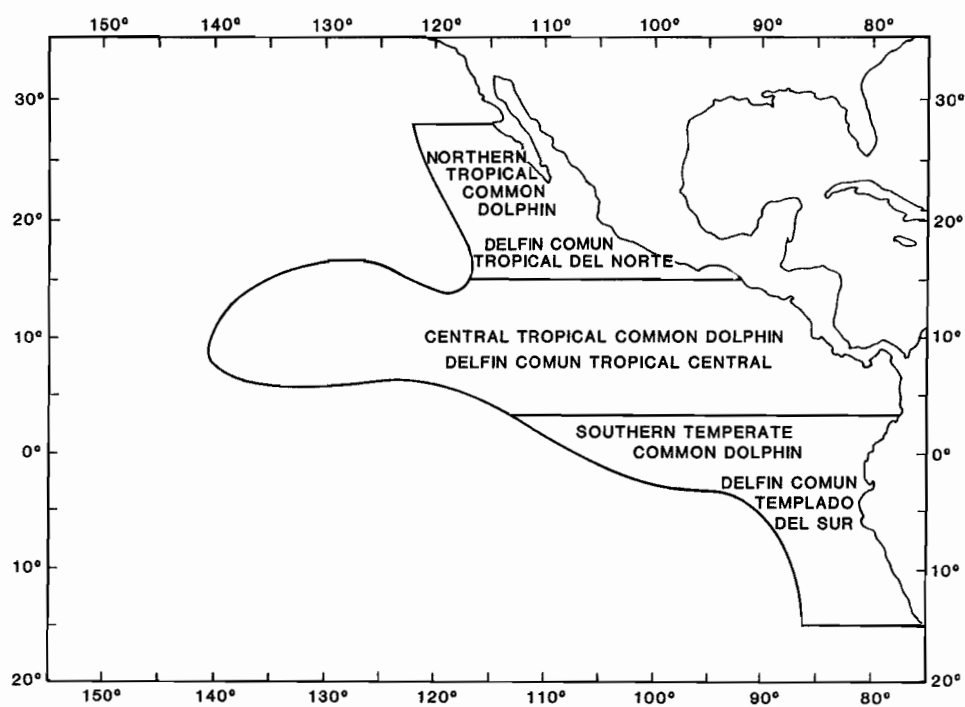


FIGURE 55. Stock boundaries for common dolphins in the EPO.

FIGURA 55. Límites de los stocks de delfines comunes en el OPO.

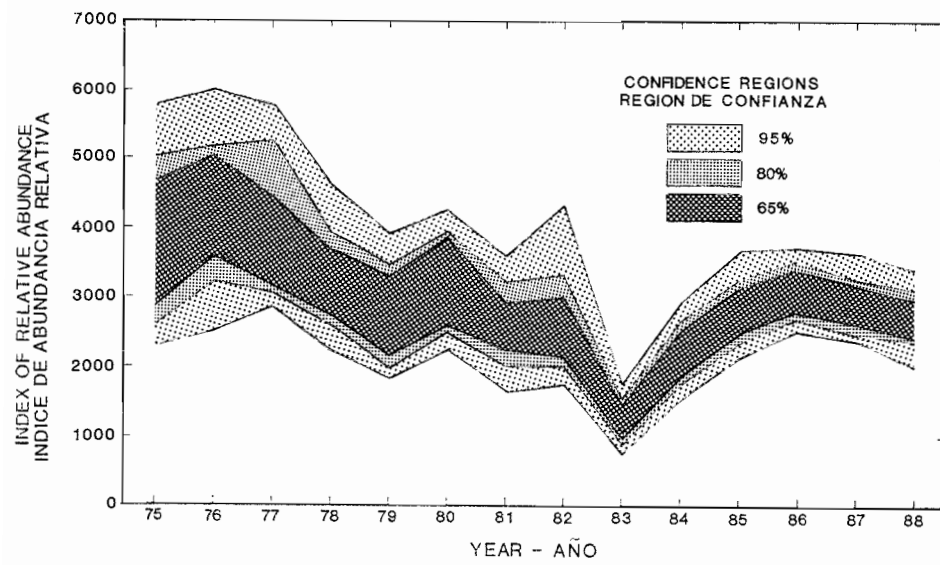


FIGURE 56. Relative abundance indices for the northern offshore stock of spotted dolphins.

FIGURA 56. Índices de abundancia relativa del stock de altamar del norte de delfines manchados.

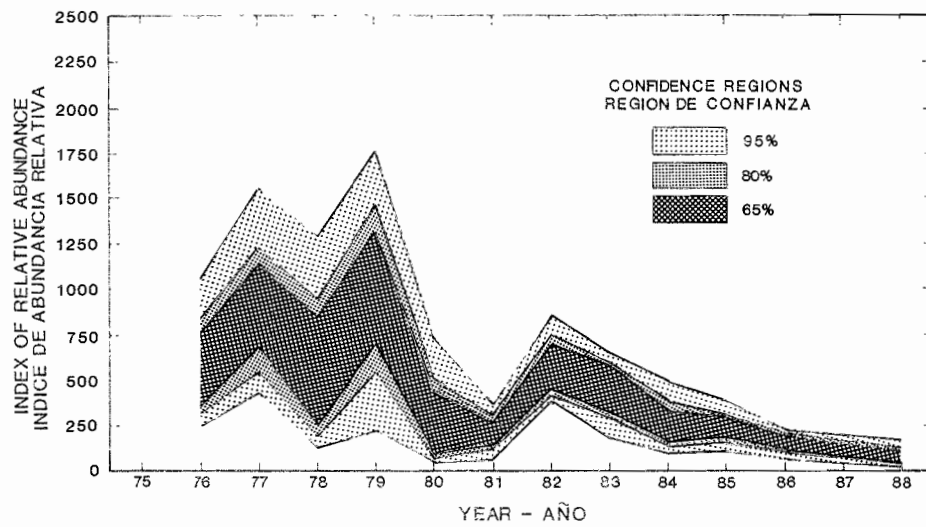


FIGURE 57. Relative abundance indices for the southern offshore stock of spotted dolphins.

FIGURA 57. Índices de abundancia relativa del stock de altamar del sur de delfines manchados.

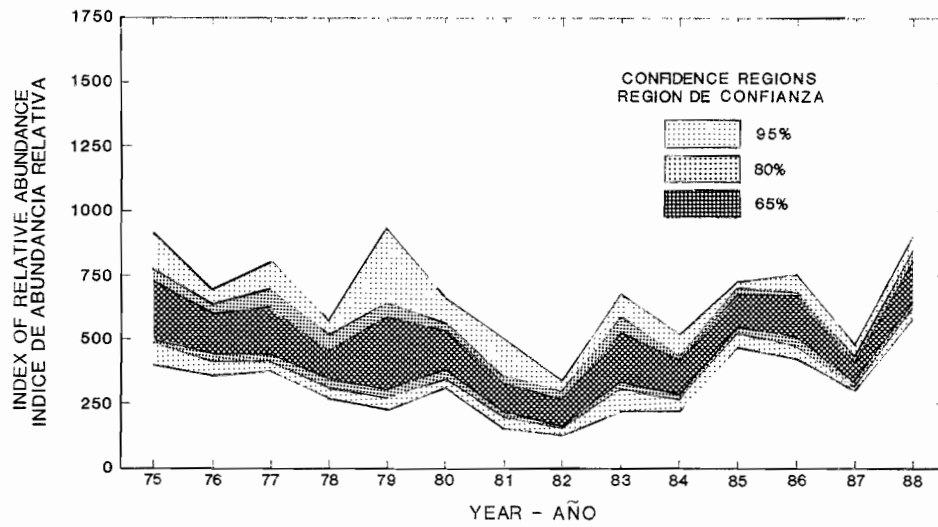


FIGURE 58. Prorated relative abundance indices for the eastern stock of spinner dolphins.

FIGURA 58. Índices prorrateados de abundancia relativa del stock oriental de delfines tornillos.

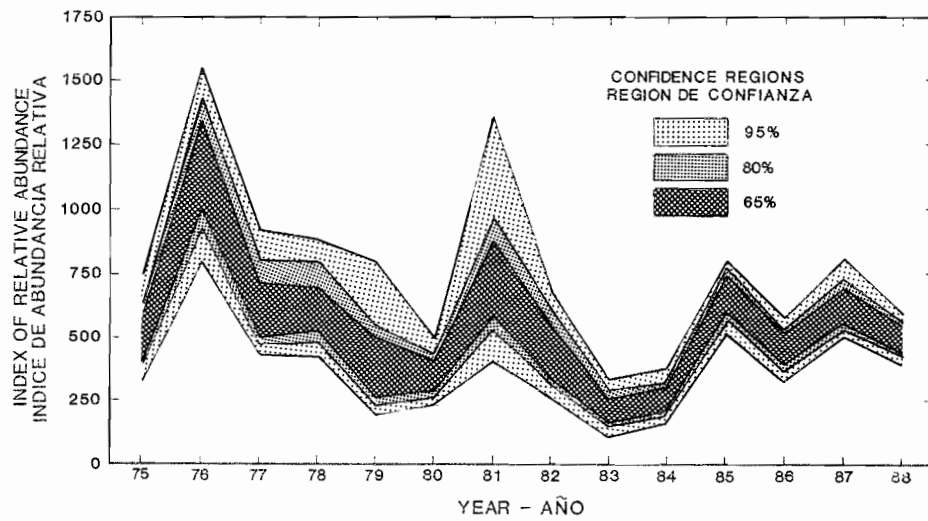


FIGURE 59. Prorated relative abundance indices for the northern whitebelly stock of spinner dolphins.

FIGURA 59. Índices prorrateados de abundancia relativa del stock panza blanca norteño de delfines tornillos.

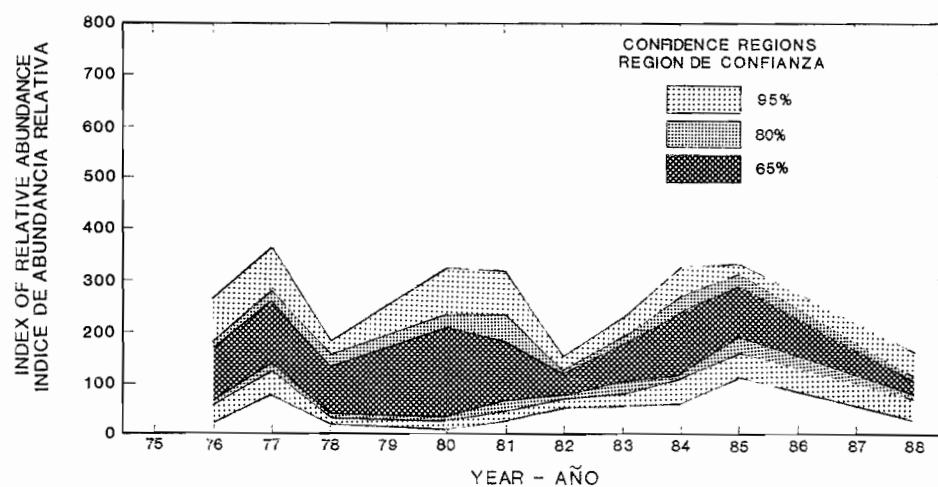


FIGURE 60. Relative abundance indices for the southern whitebelly stock of spinner dolphins.

FIGURA 60. Indices de abundancia relativa del stock panza blanca sureño de delfines tornillos.

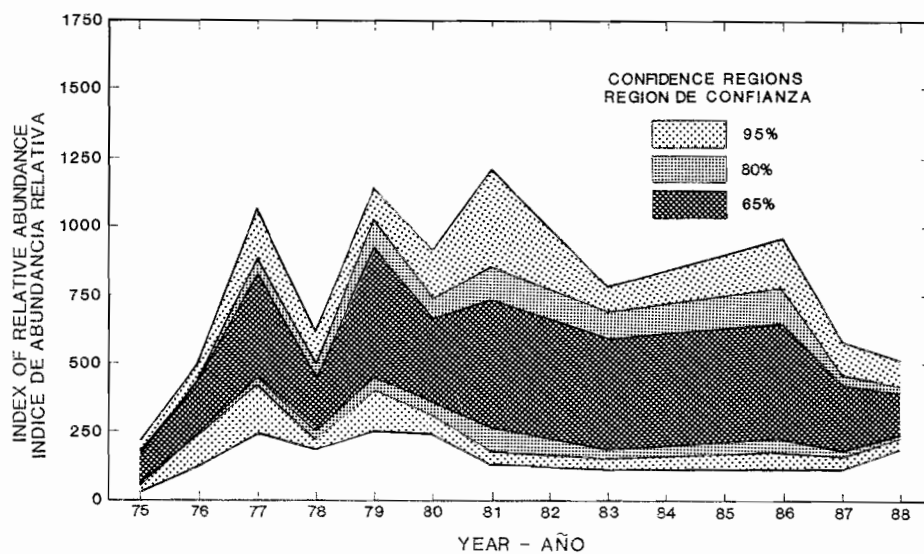


FIGURE 61. Relative abundance indices for the northern stock of common dolphins.

FIGURA 61. Indices de abundancia relativa del stock norteño de delfines comunes.

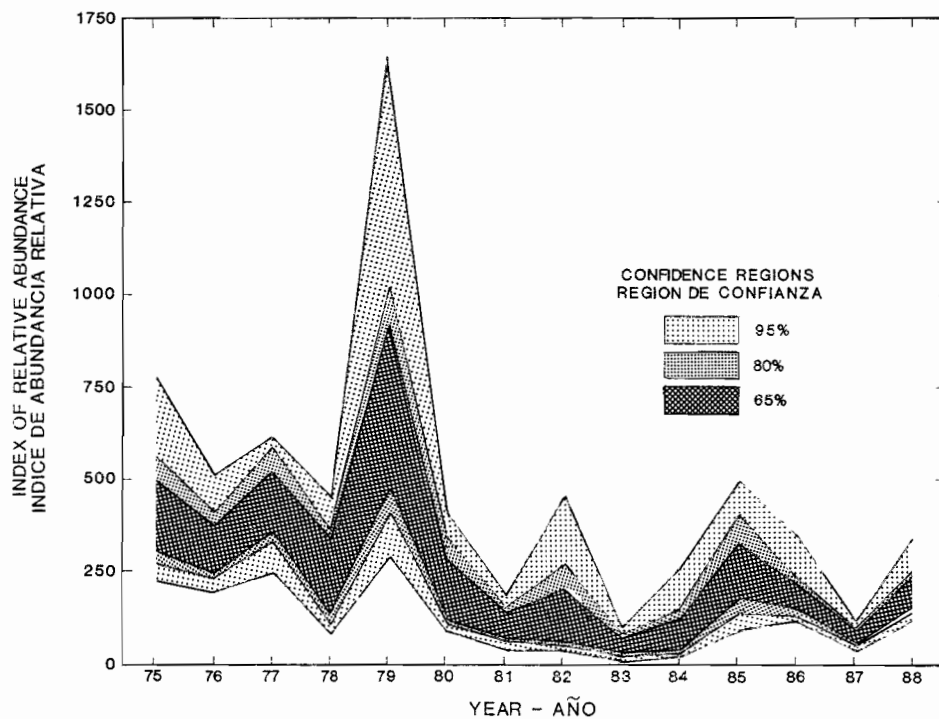


FIGURE 62. Relative abundance indices for the central stock of common dolphins.

FIGURA 62. Índices de abundancia relativa del stock central de delfines comunes.

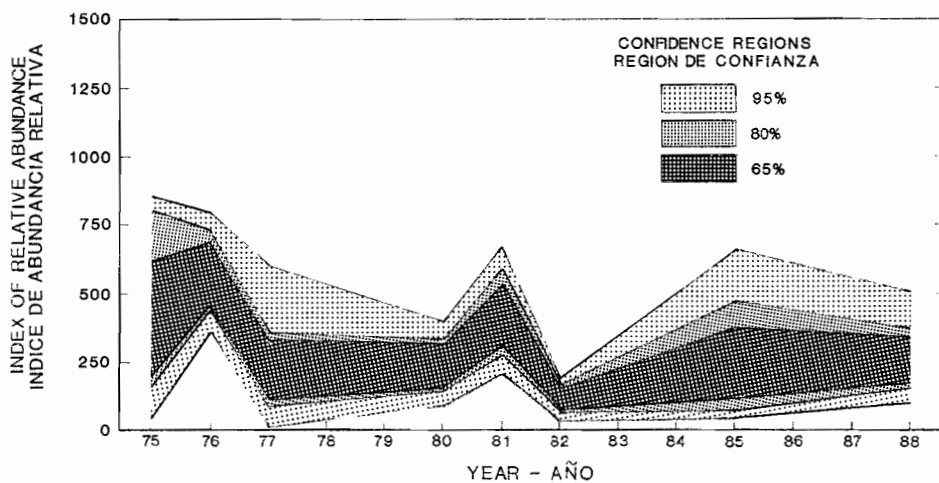


FIGURE 63. Relative abundance indices for the southern stock of common dolphins.

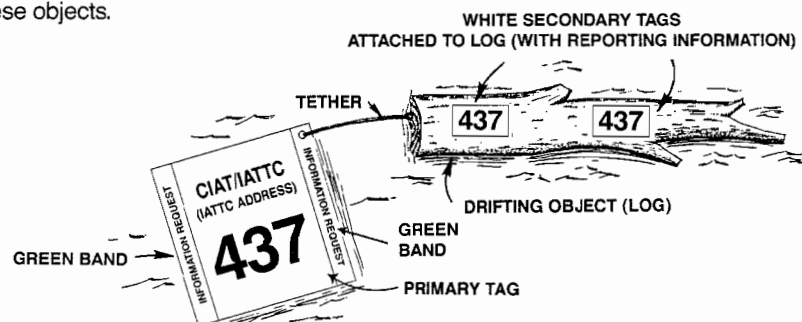
FIGURA 63. Índices de abundancia relativa del stock sureño de delfines comunes.

NOTICE TO FISHERMEN

Tagged Drifting Objects-ECUADOR

The Inter-American Tropical Tuna Commission (IATTC) will be tagging drifting objects, such as tree trunks, branches, etc., off the Ecuadorian coast during February of 1988. The IATTC will also attempt to tag tunas associated with these objects. This project is similar to one done off the Colombian coast in September and October 1987.

The purpose of this project is to monitor the movement of drifting objects in the eastern Pacific tuna fishing grounds and to study the association of tunas with these objects.



Primary tag: One plastic floating square, 2 ft × 2 ft × 3/16 in, tethered to the object.

Secondary tag(s): Two white plastic tags, 6 in × 4 in, attached directly to the drifting object.

If you see any of these tagged drifting objects, please:

1. Record in your logbook and notify one of the offices on the back of this page, the following information:
 - a. Tag number, or color of bands if number cannot be seen, and the condition of the tags. (These tags have a green color band on the lateral edges. Tags used off of Colombia in 1987 had 3 color types; all white, a yellow color band across the middle, and an orange color band across the middle.)
 - b. When and where it was sighted
 - c. Abundance of fish around it
 - d. Condition of the drifting object
2. Do not remove the tags from the log, as there is no reward for them.

Inter-American Tropical Tuna Commission

FIGURE 64. Announcement regarding the drifting objects project distributed to persons likely to encounter them. The names, addresses, and telephone numbers of persons who should be notified about sightings of marked objects are printed on the back of the announcement.

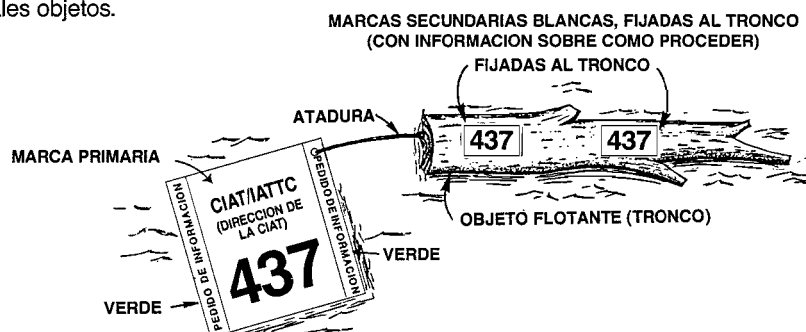
FIGURA 64. Anuncio acerca del proyecto de objetos flotantes distribuido a personas que probablemente los verían. Al dorso se presentan los nombres, direcciones, y teléfonos de las personas a notificar en caso de avistar un objeto flotante marcado.

AVISO A LOS PESCADORES

Objetos Flotantes Marcados-ECUADOR

La Comisión Interamericana del Atún Tropical (CIAT) marcará objetos flotantes—por ejemplo, troncos de árboles, ramas, etc.—frente al litoral del Ecuador durante febrero de 1988. La CIAT pretenderá además marcar atunes asociados con estos objetos. El proyecto es similar al que se realizó frente al litoral de Colombia en septiembre y octubre de 1987.

El objetivo de este proyecto es de investigar el movimiento de objetos flotantes en la pesquería atunera del Pacífico oriental y estudiar la asociación de atunes con tales objetos.



Marca primaria: Cuadrado flotante de plástico, 60cm × 60cm × 4mm, atado al objeto.

Marca secundaria: Dos marcas blancas de plástico, 15cm × 10cm, fijadas directamente al objeto flotante.

Si ve uno de estos objetos flotantes marcados, favor de:

1. Registrar en su bitácora, y comunicar a una de las oficinas anotadas al dorso, la siguiente información:
 - a. Número de la marca o color de la franja si no se puede ver el número y su condición. Estas marcas muestran una franja verde en los bordes laterales. Las que se usaron frente a Colombia en 1987 eran de tres tipos: blancas, blancas con una franja amarilla, y blancas con una franja naranja.
 - b. Donde y cuando la avistó
 - c. Abundancia de peces al alrededor del tronco
 - d. Condición de objeto flotante
2. No separar la marca del tronco—no se recompensará su devolución.

Comisión Interamericana del Atún Tropical

FIGURE 64. (continued)

FIGURA 64. (continuación)

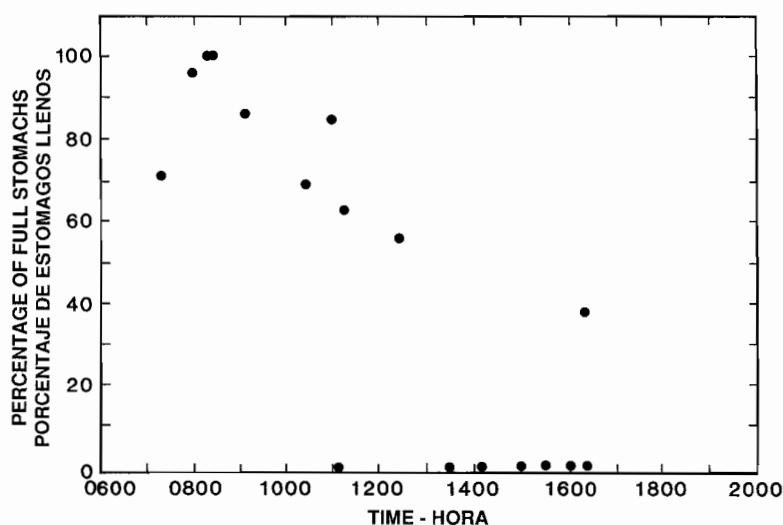


FIGURE 65. Percentage of spotted dolphin stomachs that contained fresh remains *versus* time of day. Each data point represents a single purse-seine set. Only individuals longer than 135 cm were used to avoid the inclusion of nursing calves in the sample. The graph includes data obtained from this study and data published previously by the U.S. NMFS.

FIGURA 65. Porcentaje de estómagos de delfines manchados que contenían restos frescos *versus* hora del día. Cada punto de datos representa un solo lance cerquero. Se usaron únicamente individuos de más de 135 cm de longitud para excluir crías lactantes de la muestra. El gráfico incluye datos obtenidos en este estudio y datos publicados anteriormente por el NMFS.

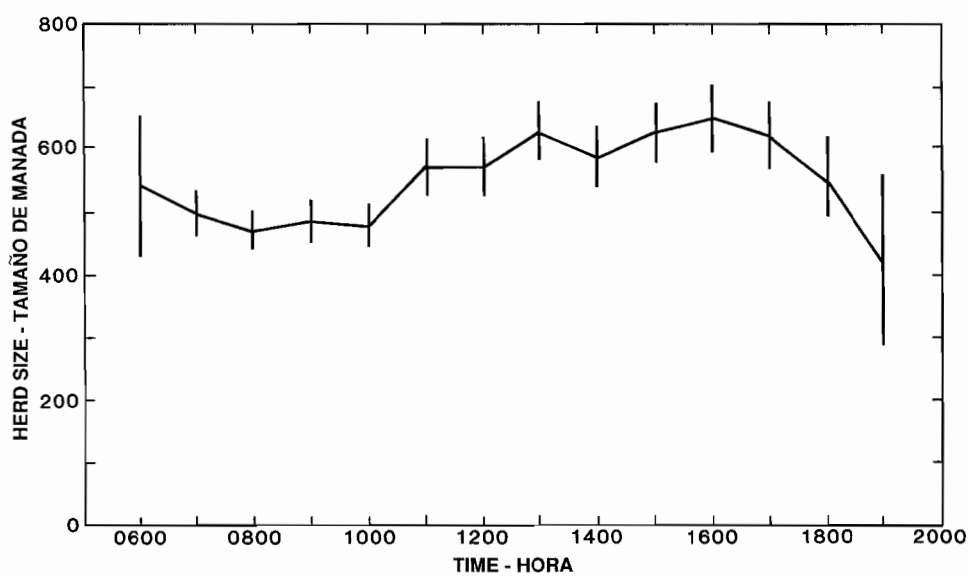


FIGURE 66. Average herd sizes of spotted dolphins *versus* time of day. The vertical bars indicate the 95-percent confidence limits about the mean. The sightings data were gathered by scientific technicians aboard tuna vessels during 1975-1987 ($n = 16,784$).

FIGURA 66. Tamaño medio de las manadas de delfines manchados *versus* hora del día. Las barras verticales indican los límites de confianza de 95% alrededor del promedio. Los datos de avistamiento fueron tomados por técnicos científicos a bordo de barcos atuneros entre 1975 y 1987 ($n = 16,784$).

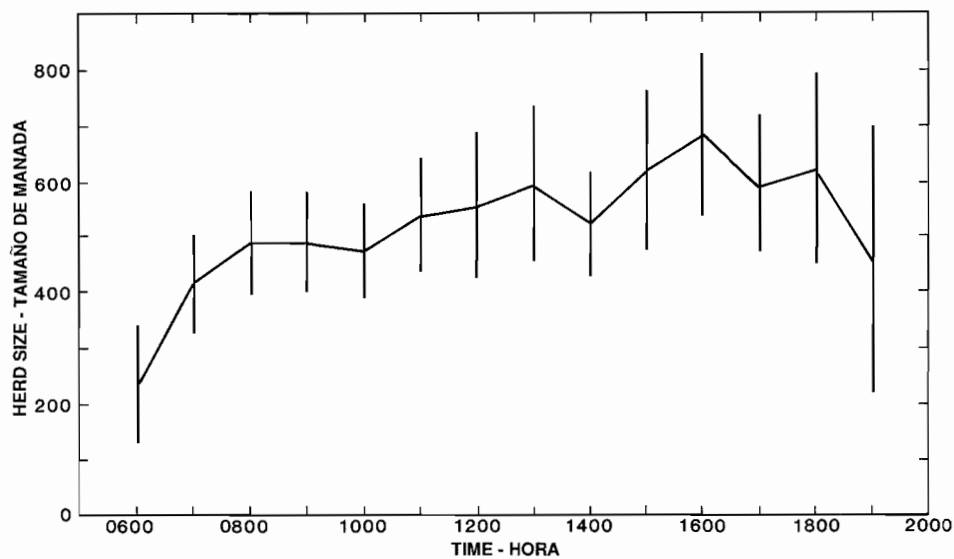


FIGURE 67. Average herd sizes of spinner dolphins *versus* time of day. The vertical bars indicate the 95-percent confidence limits about the mean. The sightings data were gathered by scientific technicians aboard tuna vessels during 1975–1987 ($n = 1,224$).

FIGURA 67. Tamaño medio de las manadas de delfines tornillos *versus* hora del día. Las barras verticales indican los límites de confianza de 95% alrededor del promedio. Los datos de avistamiento fueron tomados por técnicos científicos a bordo de barcos atuneros entre 1975 y 1987 ($n = 1,224$).

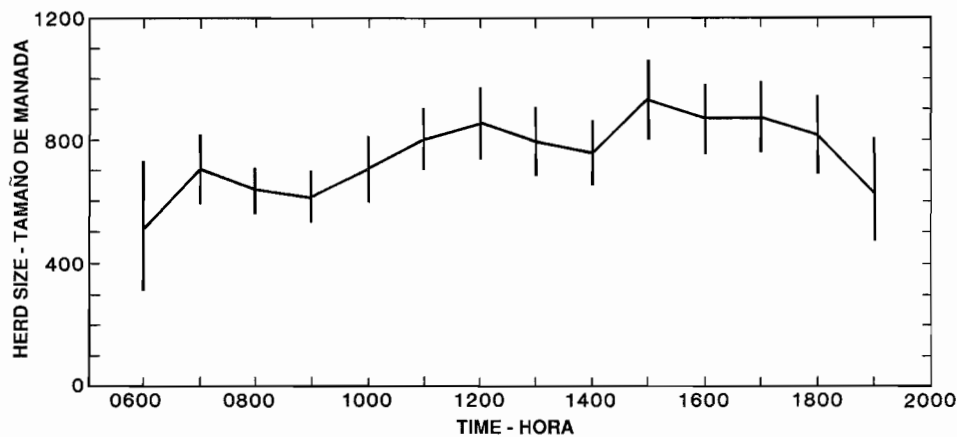


FIGURE 68. Average herd sizes of common dolphins *versus* time of day. The vertical bars indicate the 95-percent confidence limits about the mean. The sightings data were gathered by scientific technicians aboard tuna vessels during 1975–1987 ($n = 8,053$).

FIGURA 68. Tamaño medio de las manadas de delfines comunes *versus* hora del día. Las barras verticales indican los límites de confianza de 95% alrededor del promedio. Los datos de avistamiento fueron tomados por técnicos científicos a bordo de barcos atuneros entre 1975 y 1987 ($n = 8,053$).

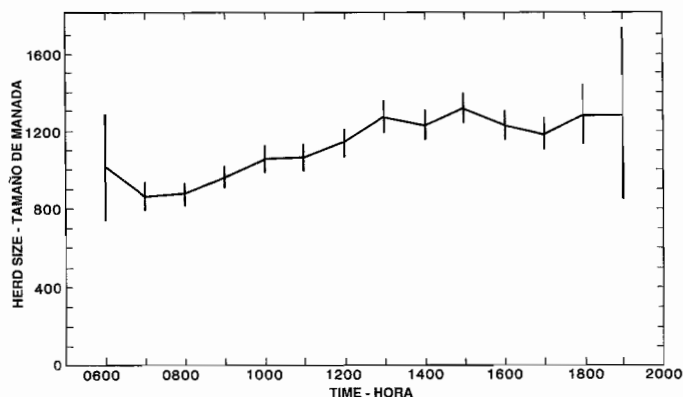


FIGURE 69. Average sizes of mixed herds of spotted and spinner dolphins *versus* time of day. The vertical bars indicate the 95-percent confidence limits about the mean. The sightings data were gathered by scientific technicians aboard tuna vessels during 1975–1987 ($n = 12,950$).

FIGURA 69. Tamaño medio de las manadas mixtas de delfines manchados y tornillos *versus* hora del día. Las barras verticales indican los límites de confianza de 95% alrededor del promedio. Los datos de avistamiento fueron tomados por técnicos científicos a bordo de barcos atuneros entre 1975 y 1987 ($n = 12,950$).

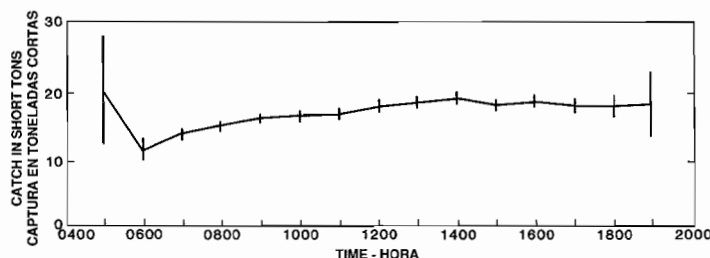


FIGURE 70. Average tonnage of yellowfin tuna caught in association with dolphins *versus* time of day. The catches were made during non-El Niño conditions. The vertical bars indicate the 95-percent confidence limits about the mean. The catch data were gathered by scientific technicians aboard tuna vessels during 1979–1987 ($n = 19,606$ sets).

FIGURA 70. Tonelaje medio de atún aleta amarilla capturado en asociación con delfines *versus* hora del día. No se incluyen capturas logradas durante eventos del Niño. Las barras verticales indican los límites de confianza de 95% alrededor del promedio. Los datos de avistamiento fueron tomados por técnicos científicos a bordo de barcos atuneros entre 1975 y 1987 ($n = 19,606$ lances).

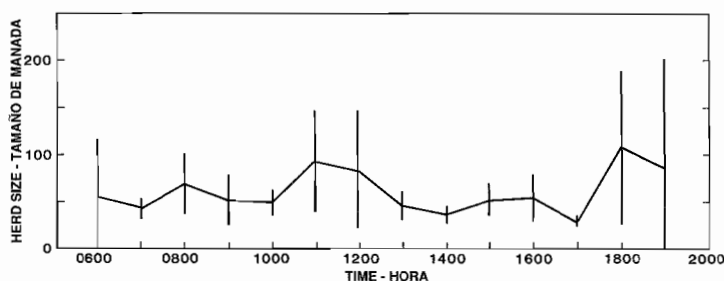


FIGURE 71. Average herd sizes of bottlenose dolphins *versus* time of day. The vertical bars indicate the 95-percent confidence limits about the mean. The sightings data were gathered by scientific technicians aboard tuna vessels during 1975–1987 ($n = 4,674$).

FIGURA 71. Tamaño medio de las manadas de delfines *Tursiops truncatus* *versus* hora del día. Las barras verticales indican los límites de confianza de 95% alrededor del promedio. Los datos de avistamiento fueron tomados por técnicos científicos a bordo de barcos atuneros entre 1975 y 1987 ($n = 4,674$).

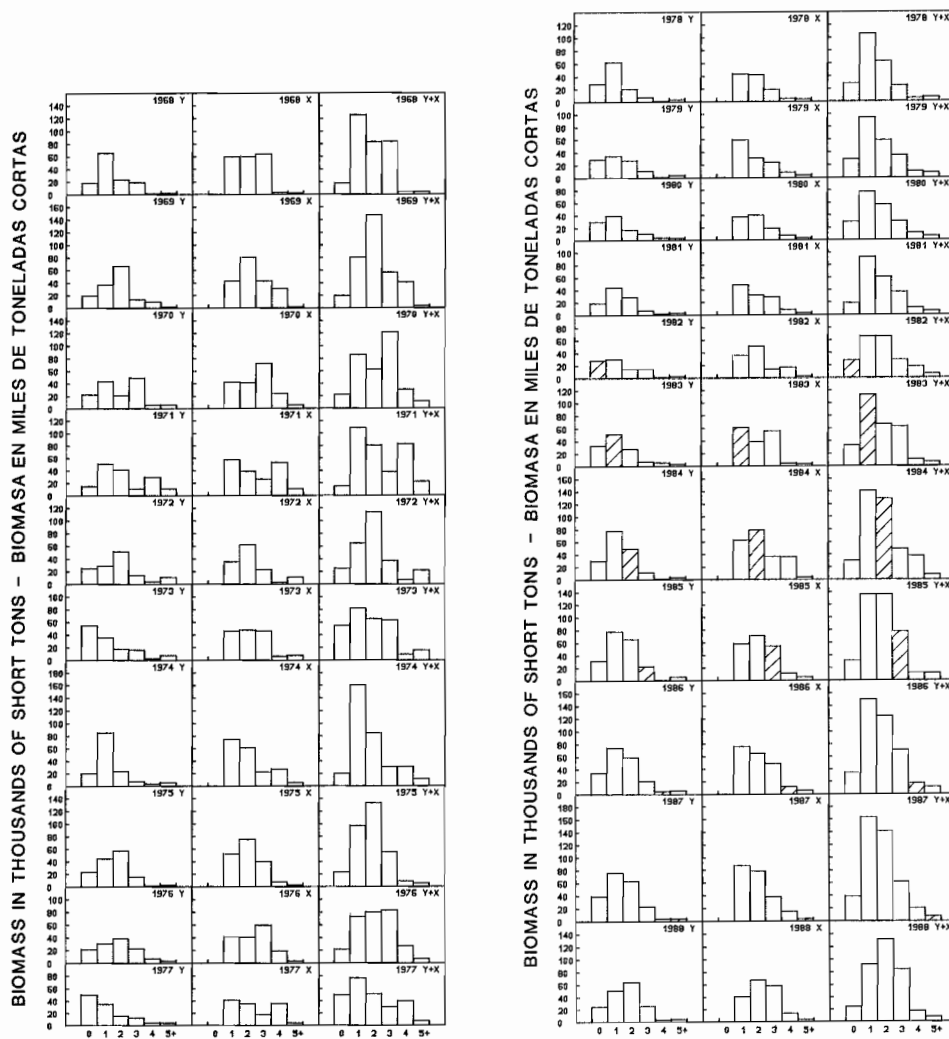


FIGURE 72. Average within-year biomass estimates of yellowfin in the CYRA by age groups.

FIGURA 72. Estimaciones del promedio, en el año, de la biomasa del aleta amarilla en el ARCAA, por grupos de edad.

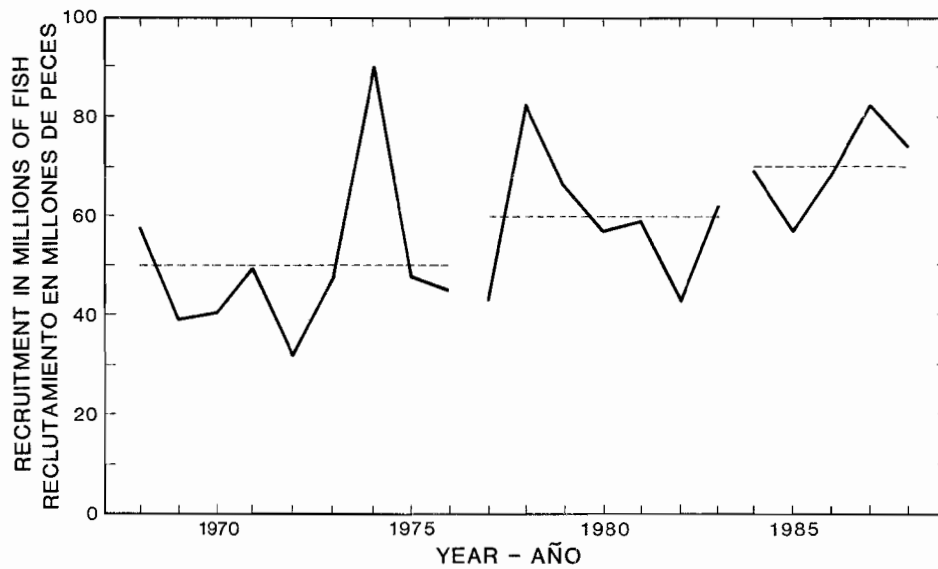


FIGURE 73. Estimated initial recruitments of yellowfin in the CYRA, with the average recruitments for 1968–1976, 1977–1983, and 1984–1988.

FIGURA 73. Reclutamientos iniciales estimados del aleta amarilla en el ARCAA, con los reclutamientos medios de 1968–1976, 1977–1983, y 1984–1988.

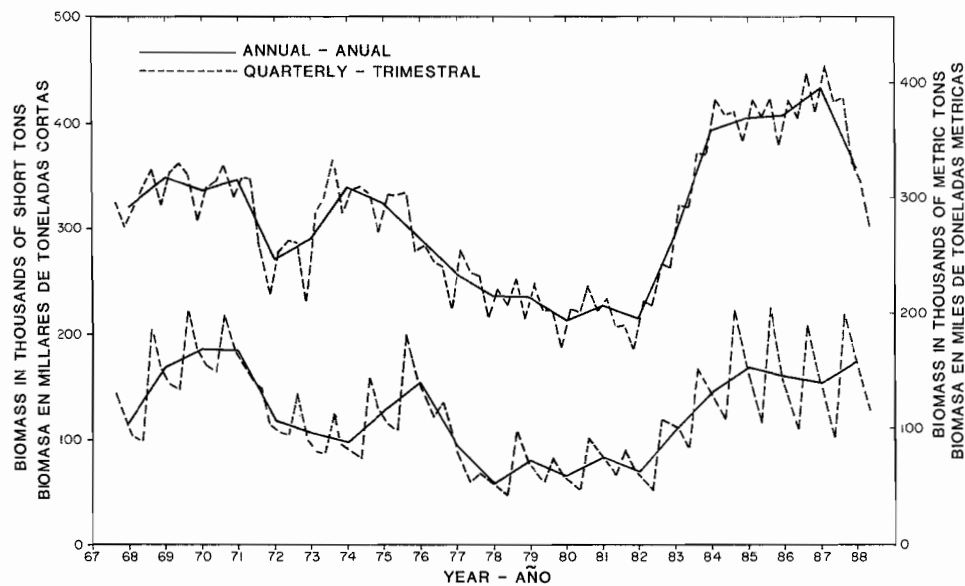


FIGURE 74. Average biomass estimates of yellowfin in the CYRA for all fish and for larger fish only.

FIGURA 74. Estimaciones de la biomasa del aleta amarilla en el ARCAA correspondientes a todos los peces y sólo a los peces más grandes.

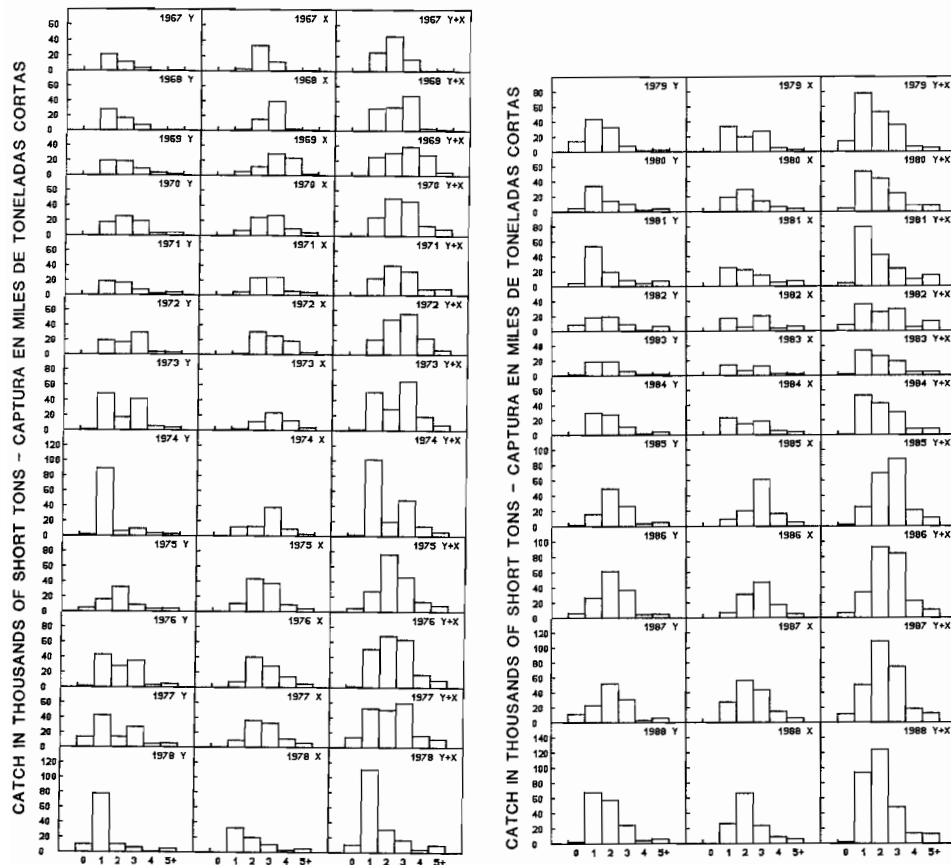


FIGURE 75. Estimated catches of yellowfin of ages 0 through 5+ by purse seiners during 1967 through 1988, by X and Y groups.

FIGURA 75. Capturas estimadas de los grupos X e Y de aleta amarilla, de 0 a 5+ años de edad, obtenidas por barcos cerqueros en el período 1967-1988.

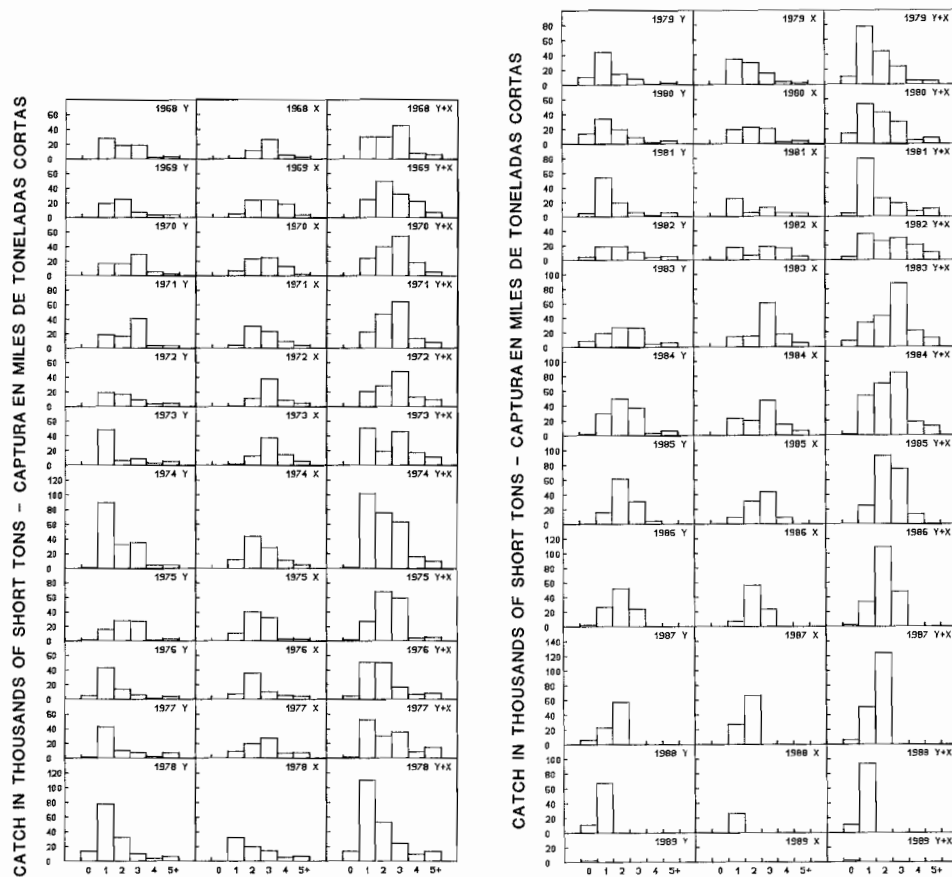


FIGURE 76. Estimated catches of yellowfin of the 1968 through 1989 cohorts at ages 0 through 5+ by purse seiners, by X and Y groups.

FIGURA 76. Capturas estimadas de los grupos X e Y de aleta amarilla, de las cohortes de 1968 a 1989, de peces de 0 a 5+ años de edad, obtenidas por barcos cerqueros.

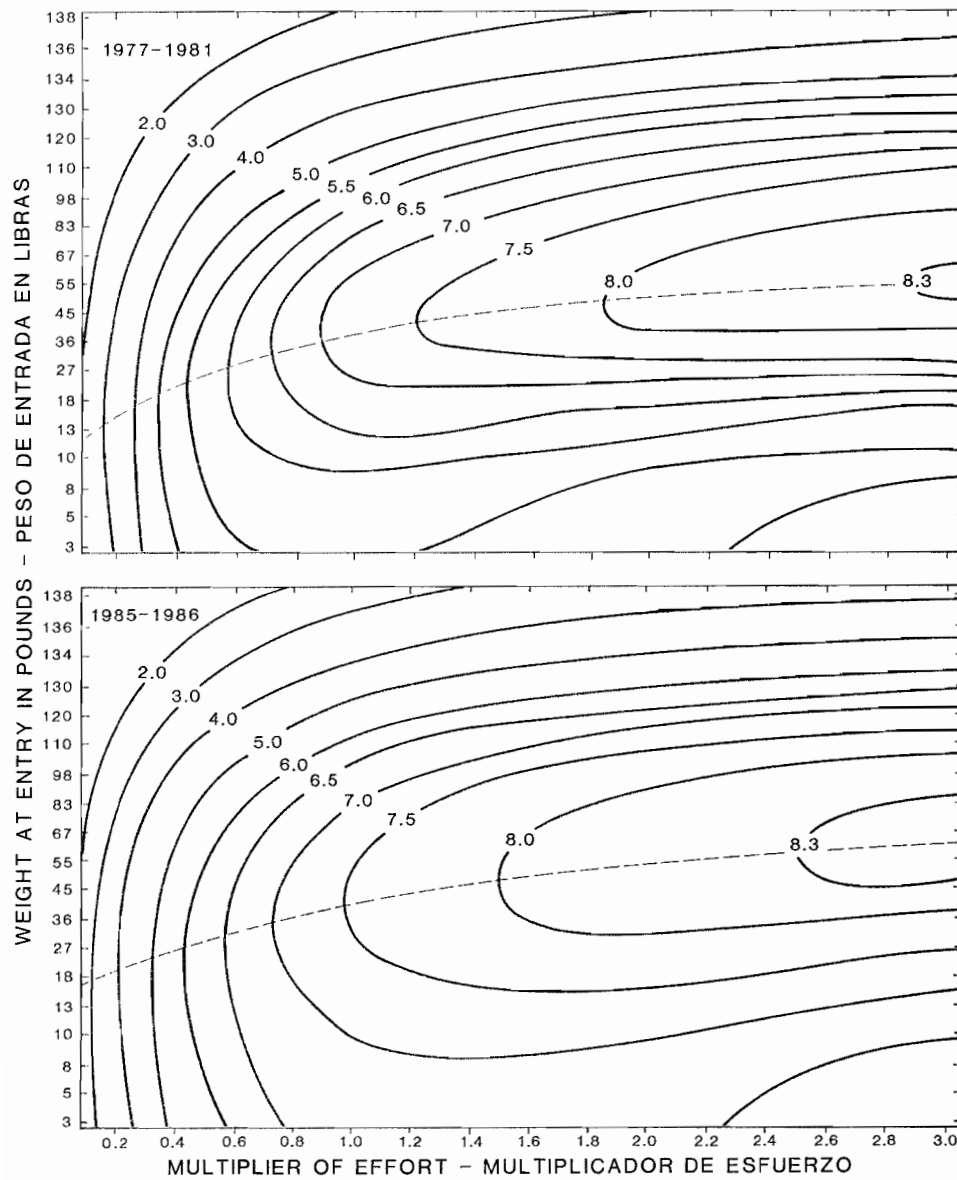


FIGURE 77. Relationships among size at entry, fishing effort, and yield per recruit for yellowfin for two different patterns of age-specific fishing mortality.

FIGURA 77. Relación entre el tamaño de ingreso, el esfuerzo de pesca y el rendimiento por recluta del aleta amarilla, correspondiente a dos patrones diferentes de mortalidad por pesca específica para cada edad.

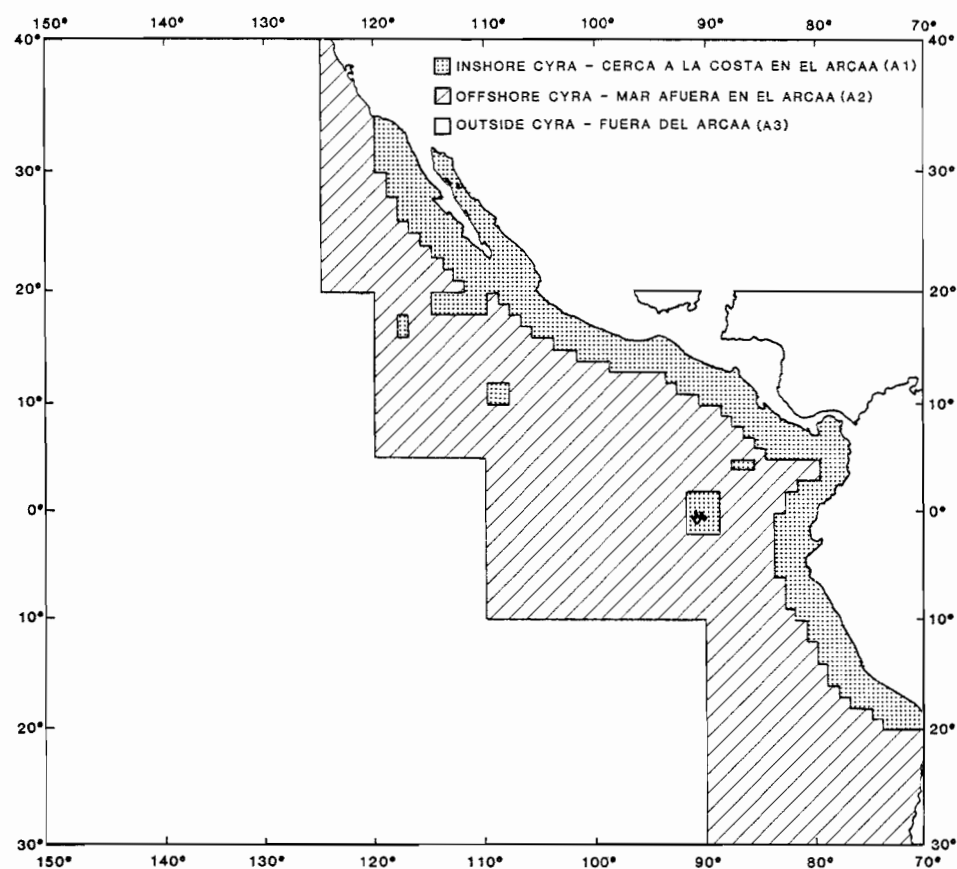


FIGURE 78. The eastern Pacific Ocean, showing the historical areas of the fishery for yellowfin, A1, the more recently fished areas within the CYRA, A2, and the area outside the CYRA, A3.

FIGURA 78. El Océano Pacífico oriental. Se indican las zonas históricas de la pesca de aleta amarilla, A1, las zonas de pesca más recientes en el ARCAA, A2, y la zona fuera del ARCAA (exterior), A3.

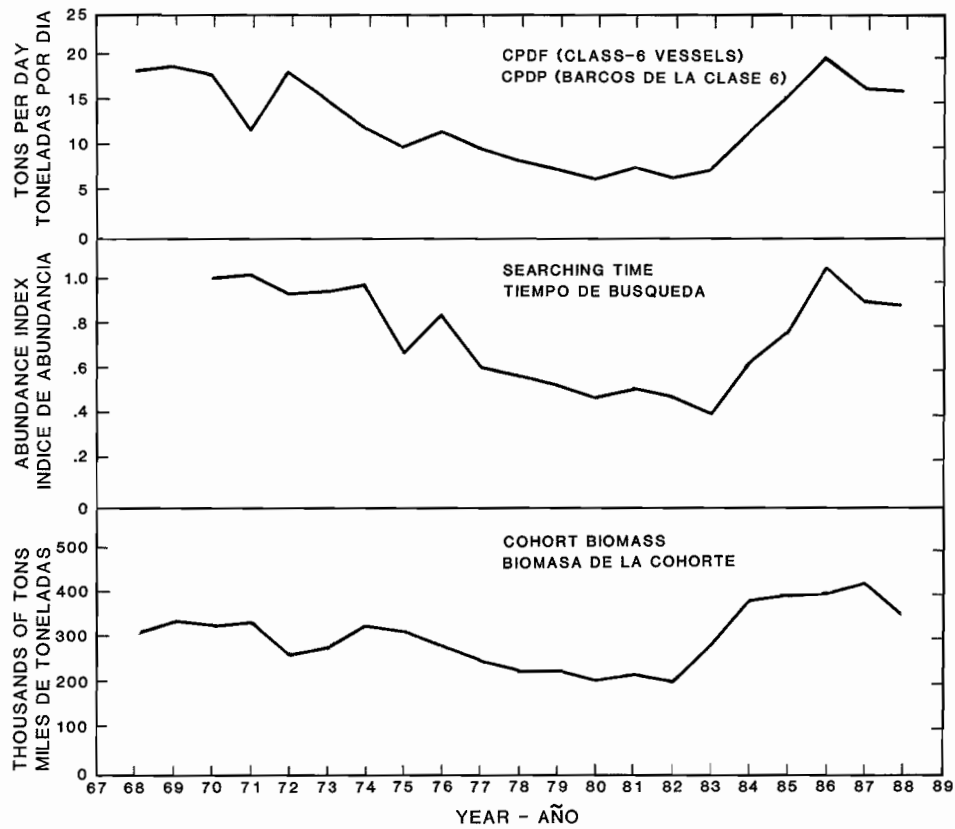


FIGURE 79. Three indices of abundance of yellowfin in the CYRA.

FIGURA 79. Tres índices de la abundancia del aleta amarilla en el ARCAA.

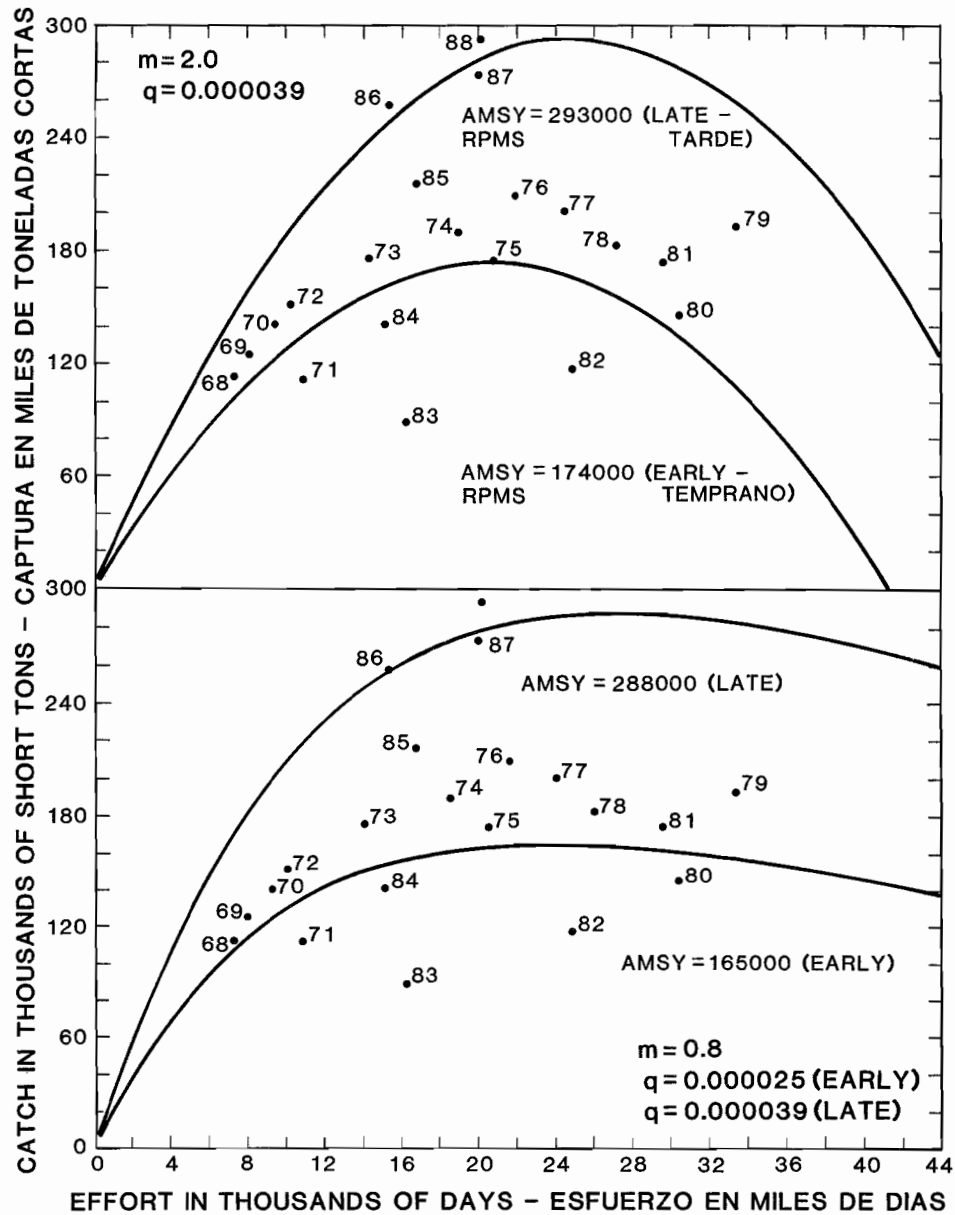


FIGURE 80. Relationships between effort and catch for the yellowfin fishery inside the CYRA, 1968-1988, for the logistic (symmetrical) model and the generalized stock production (asymmetrical) model with q set at 0.000039.

FIGURA 80. Relación entre el esfuerzo y la captura en la pesca de aleta amarilla en el ARCAA, 1968-1988, para el modelo logístico (simétrico) y el modelo general de producción del stock (asimétrico) en que q tiene un valor de 0.000039.

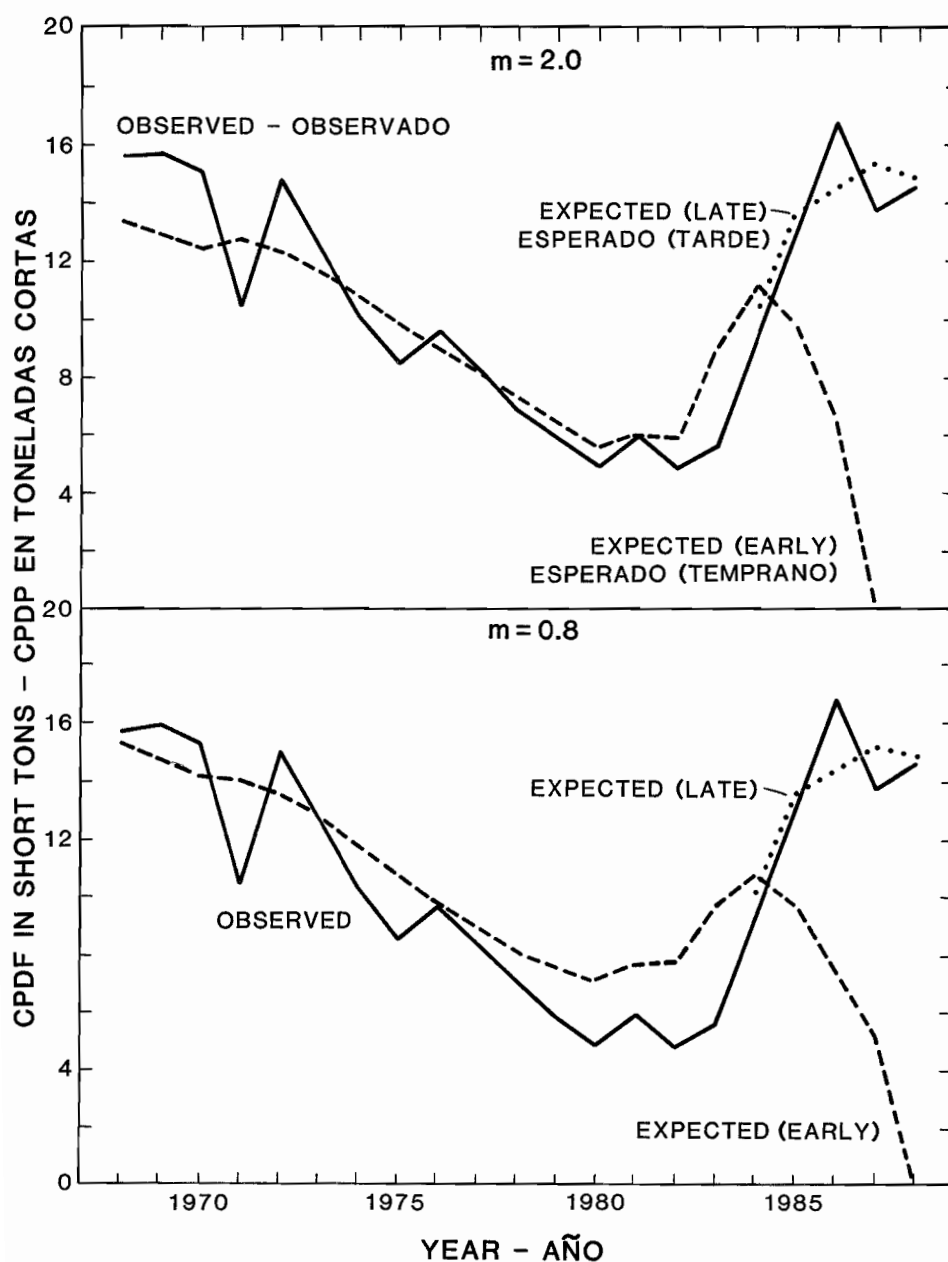


FIGURE 81. Observed CPUE of yellowfin in the CYRA and CPUE values predicted from the production model with q set at 0.000039 and m set at 2.0 (upper panel) and 0.8 (lower panel).

FIGURA 81. CPUE observada de aleta amarilla en el ARCAA y valores pronosticados de la CPUE a partir del modelo de producción, en el cual q se fijó a 0.000039 y m se fijó a 2.0 (recuadro superior) y 0.8 (recuadro inferior).

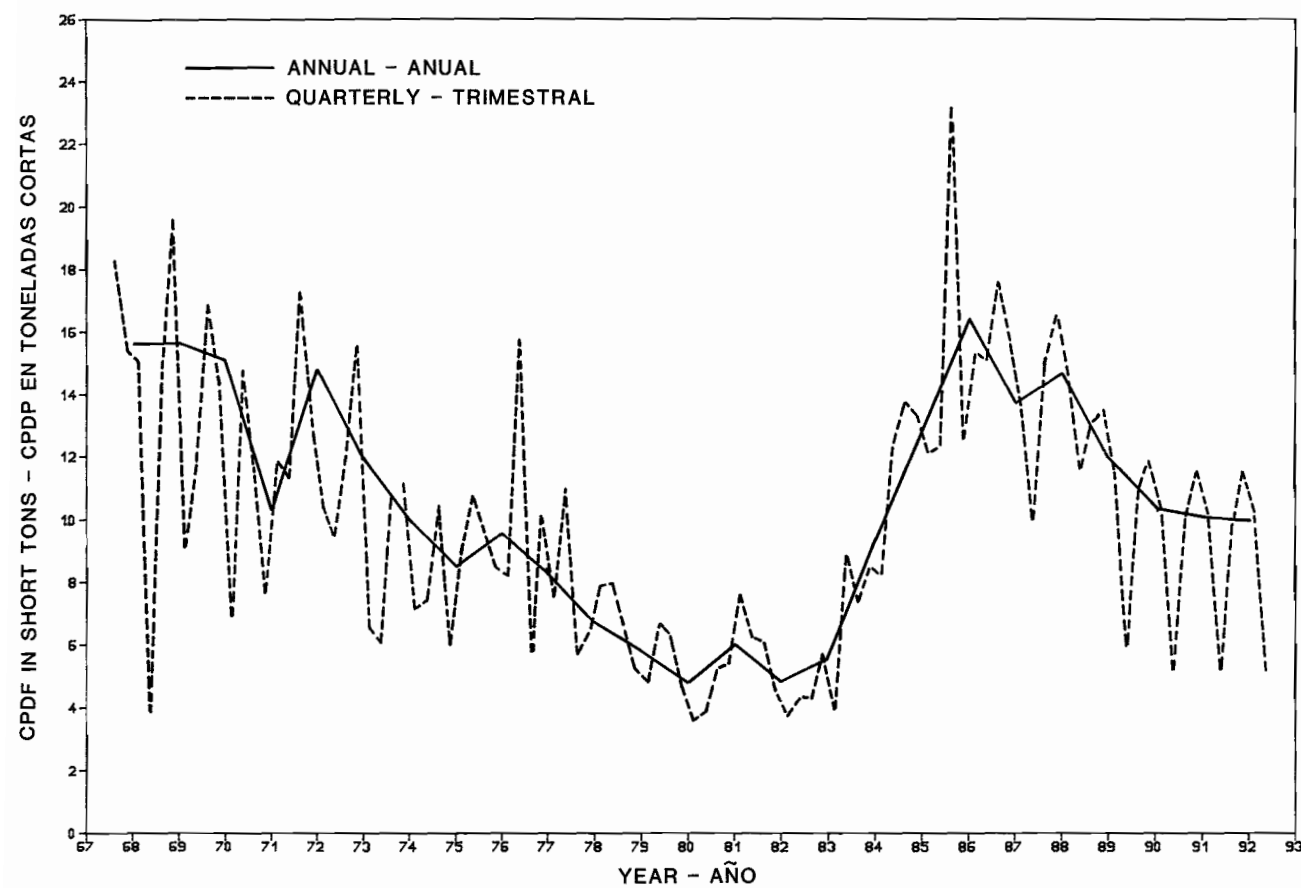


FIGURE 82. Observed and predicted abundance indices for yellowfin in the eastern Pacific Ocean.

FIGURA 82. Indices de abundancia observada y pronosticada del aleta amarilla en el Océano Pacífico oriental.

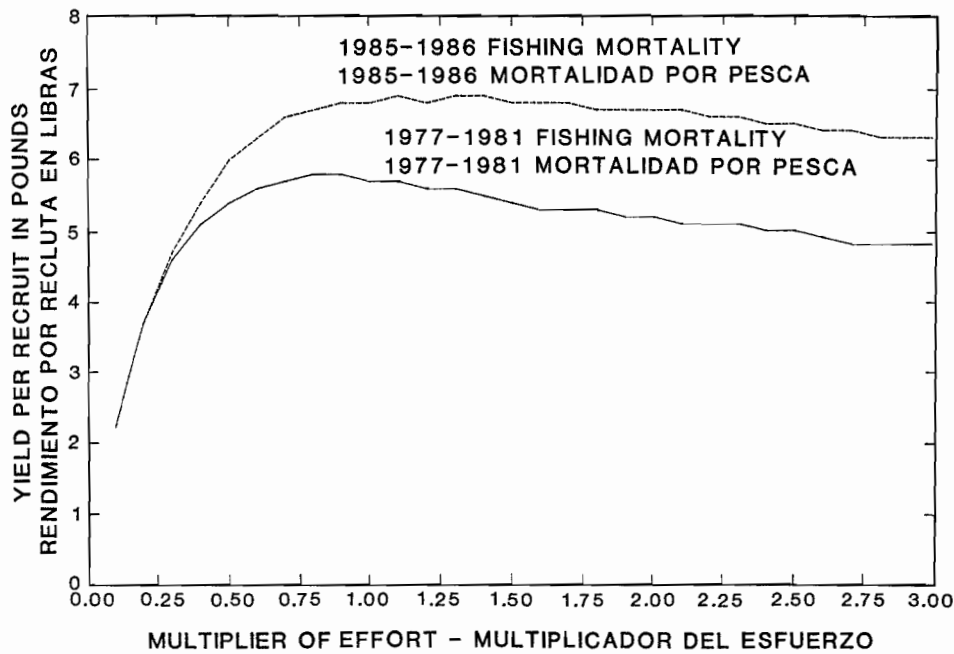


FIGURE 83. Yields per recruit for age-specific mortality rates of 1977-1981 and 1985-1986.

FIGURA 83. Rendimientos por recluta para las tasas de mortalidad específica para cada edad durante 1977-1981 y 1985-1986.

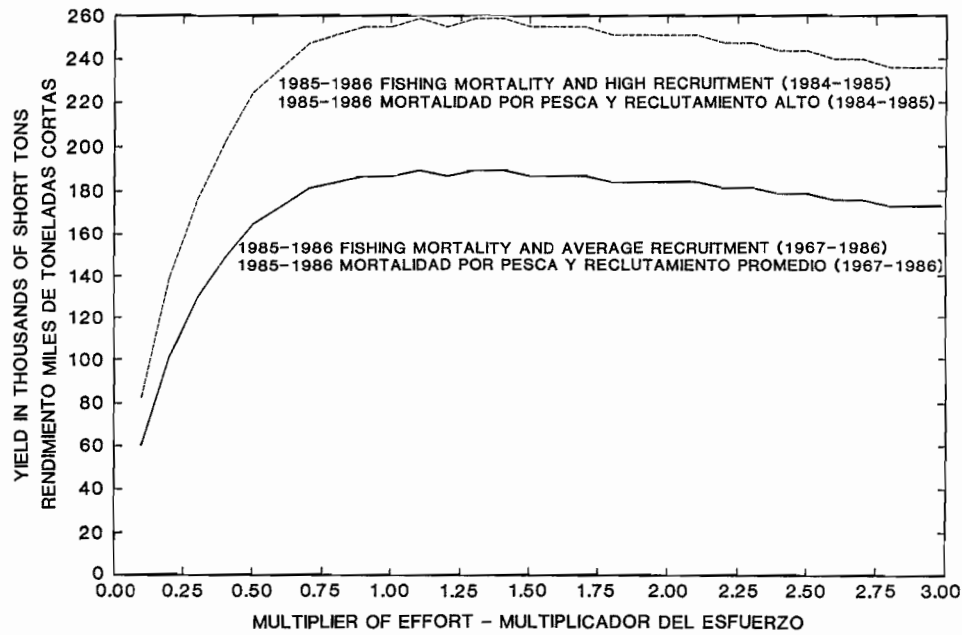


FIGURE 84. Yields for high and average recruitments and age-specific fishing mortality similar to that of 1985-1986.

FIGURA 84. Rendimientos correspondientes a reclutamientos normales y superiores al promedio, y mortalidad por pesca específica para cada edad similar a aquella del período 1985-1986.

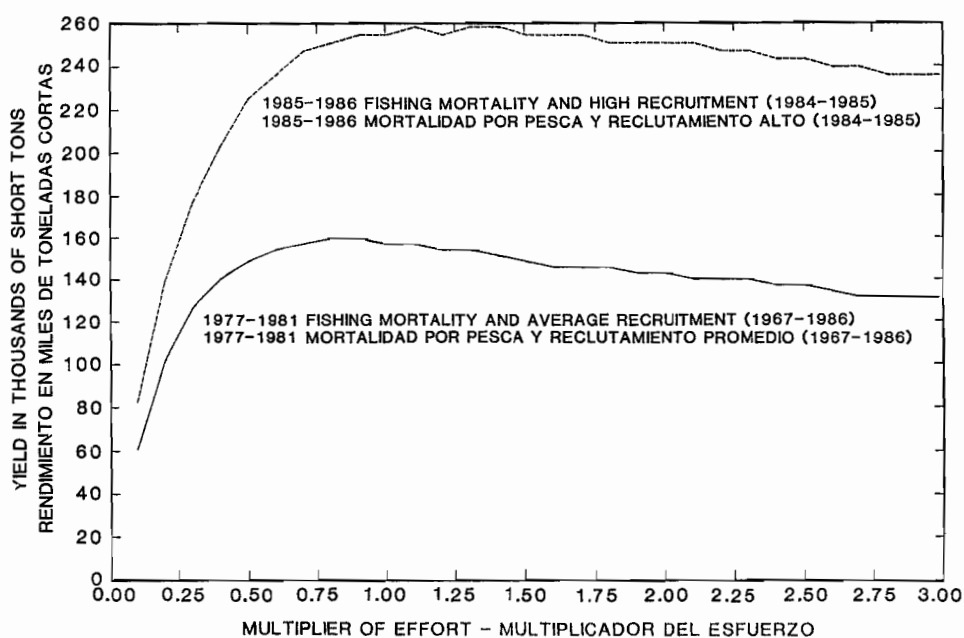


FIGURE 85. Yields for average recruitment and age-specific fishing mortality similar to that of 1977-1981 and for high recruitment and age-specific mortality similar to that of 1985-1986.

FIGURA 85. Rendimientos del reclutamiento normal y mortalidad por pesca específica para cada edad similar a aquella del período 1977-1981, y del reclutamiento elevado y mortalidad específica para cada edad similar a aquella del período 1985-1986.

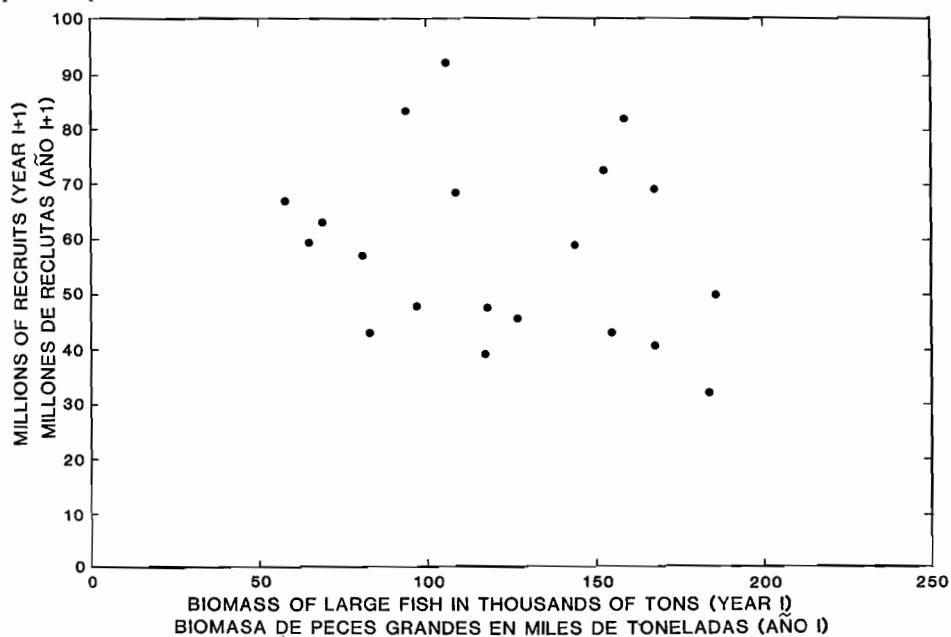


FIGURE 86. Relationship between stock and recruitment for yellowfin in the CYRA for 1968-1969 through 1987-1988.

FIGURA 86. Relación entre stock y reclutamiento para el aleta amarilla en el ARCAA entre 1968-1969 y 1987-1988.

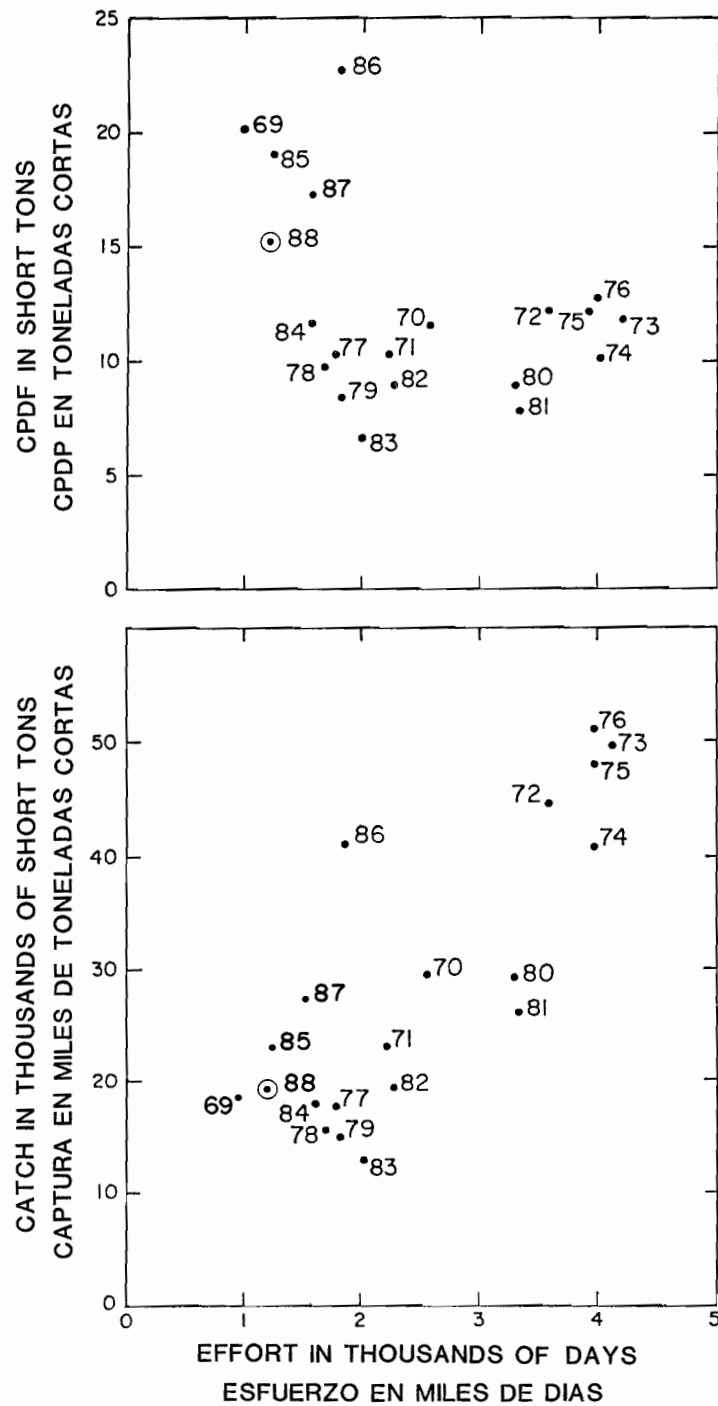


FIGURE 87. Relationships between CPDF and effort (upper panel) and between catch and effort (lower panel) for yellowfin in the area outside the CYRA, 1969–1988.

FIGURA 87. Relación entre CPDP y esfuerzo (recuadro superior) y entre captura y esfuerzo (recuadro inferior) para el aleta amarilla fuera del ARCAA, durante el período 1969–1988.

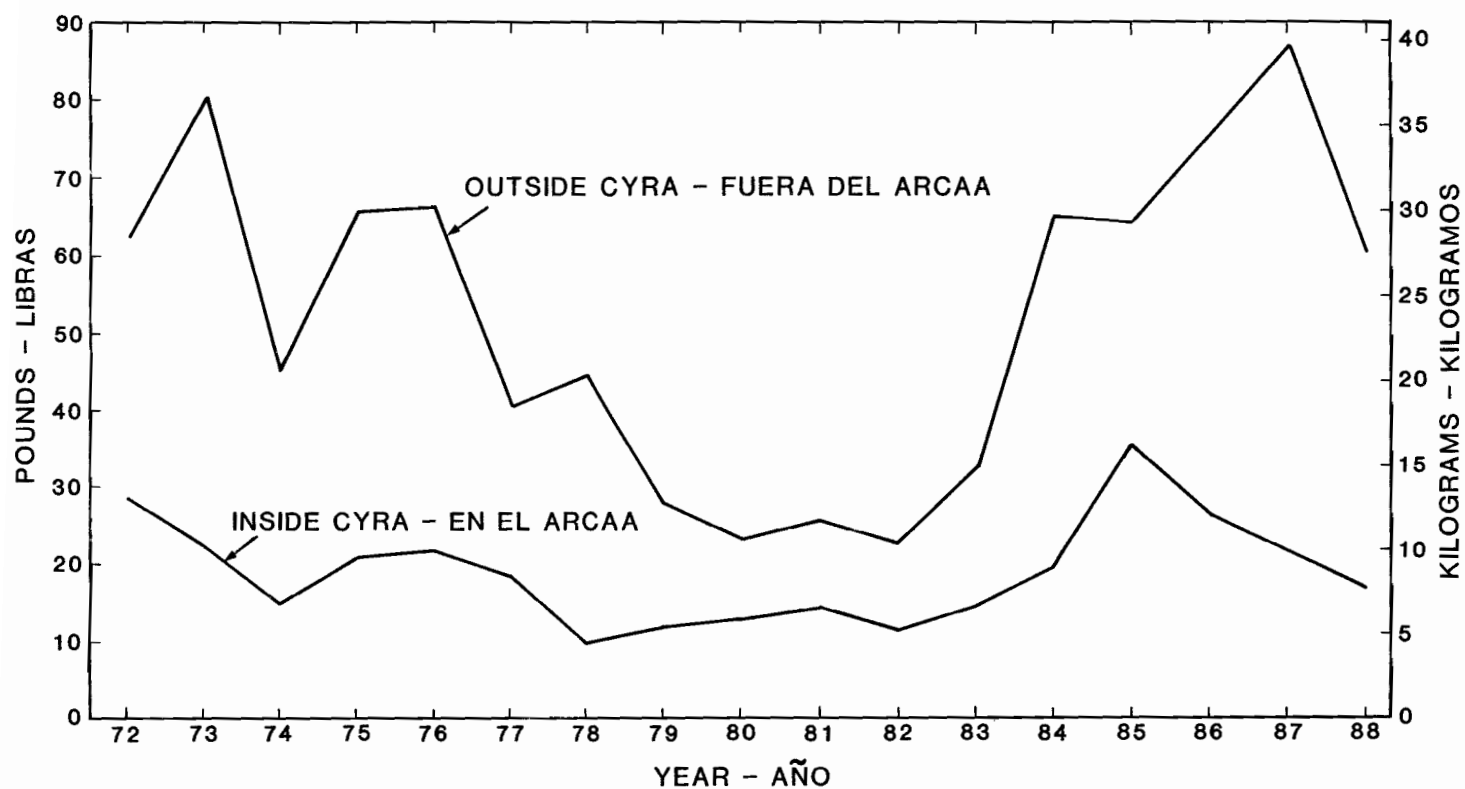


FIGURE 88. Average weights of yellowfin caught inside and outside the CYRA.

FIGURA 88. Peso promedio de aletas amarillas capturados dentro y fuera del ARCAA.

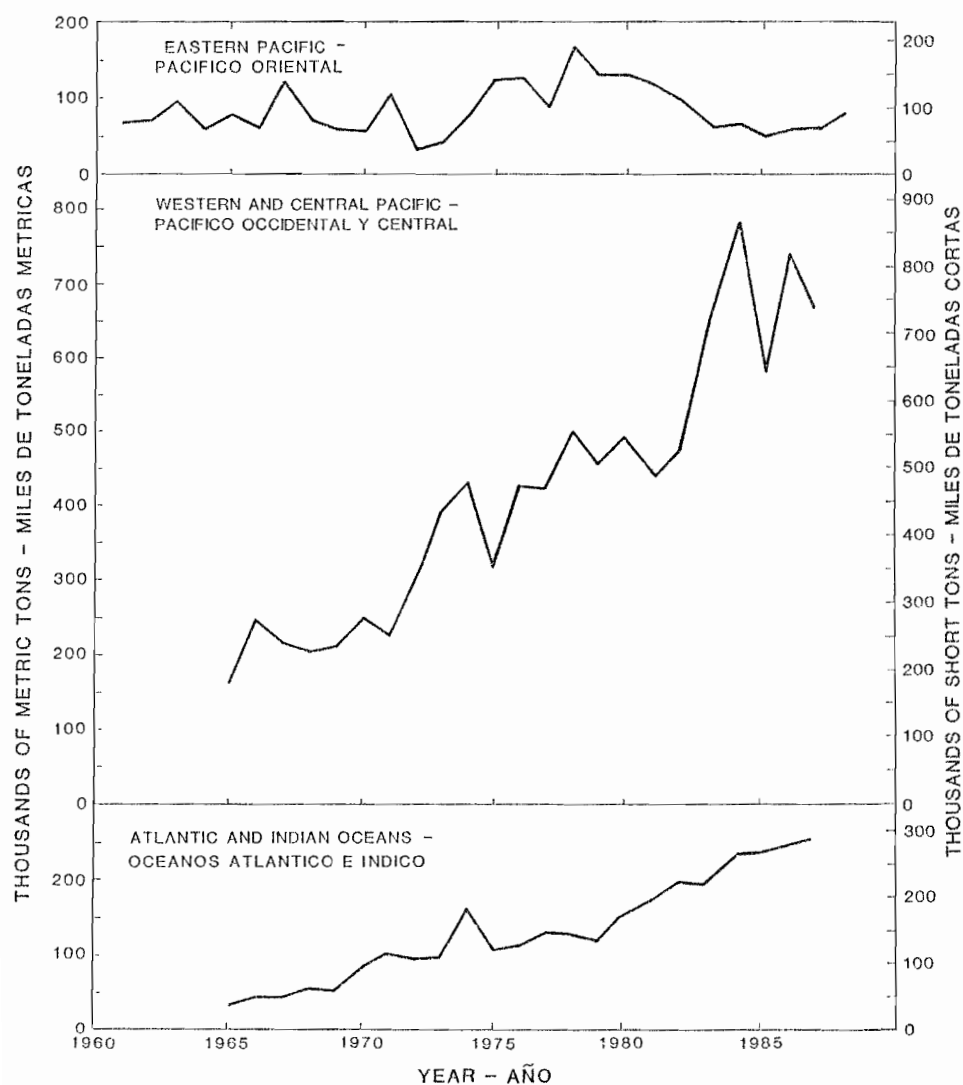


FIGURE 89. Catches of skipjack in the eastern Pacific Ocean, central and western Pacific Ocean, and Atlantic and Indian Oceans.

FIGURA 89. Capturas de barrilete en el Océano Pacífico oriental, central y occidental, y en los Océanos Atlántico e Índico.

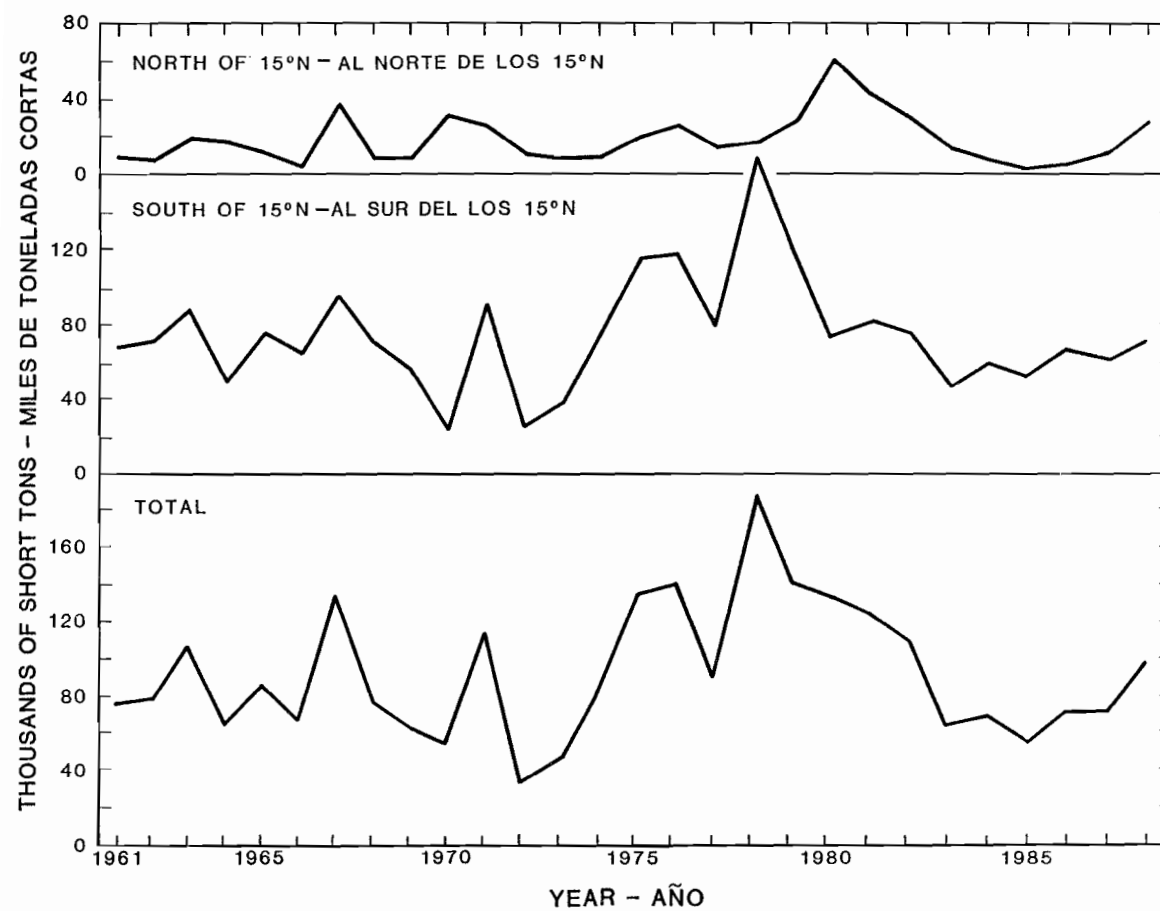


FIGURE 90. Estimated catches of skipjack in the eastern Pacific Ocean north and south of 15°N.

FIGURA 90. Capturas estimadas de barrilete en el Océano Pacífico oriental, al norte y sur de 15°N.

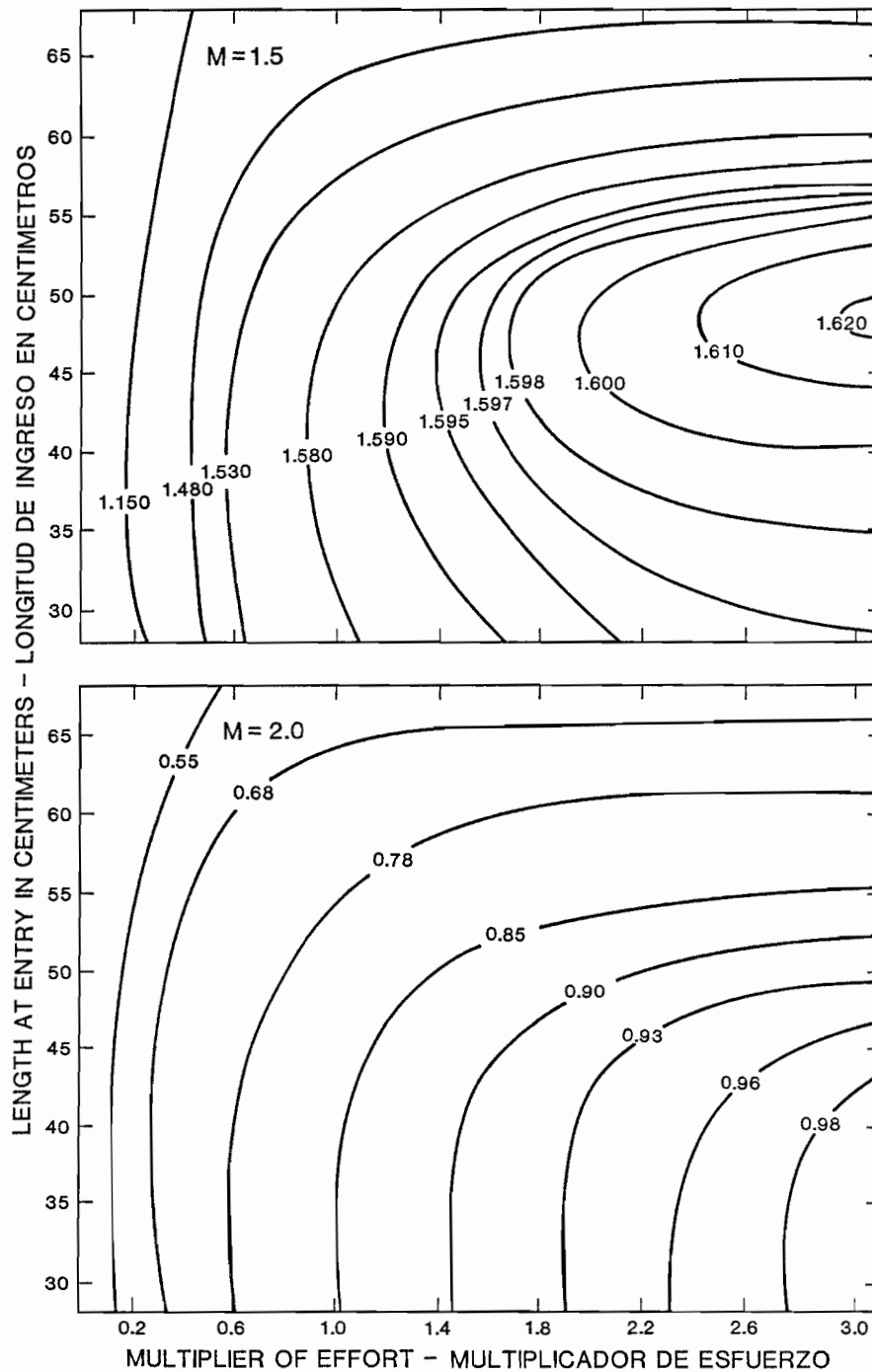


FIGURE 91. Yields per recruit for skipjack with various combinations of natural attrition, fishing effort, and length at entry into the fishery.

FIGURA 91. Rendimientos por recluta del barrilete con varias combinaciones de agotamiento natural, esfuerzo de pesca, y longitud de ingreso a la pesquería.

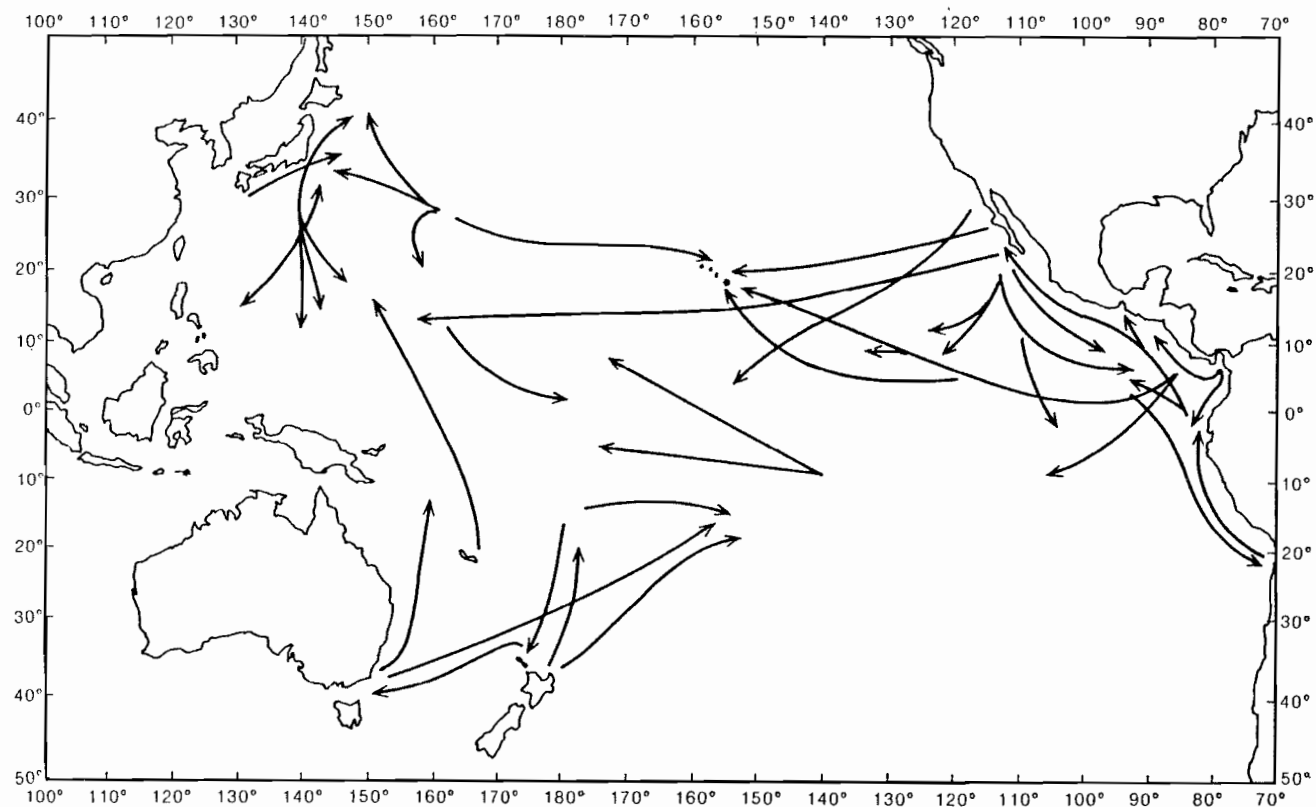


FIGURE 92. Some long-distance movements which have been recorded for tagged skipjack in the Pacific Ocean.

FIGURA 92. Algunas migraciones a larga distancia de barriletes marcados en el Océano Pacífico.

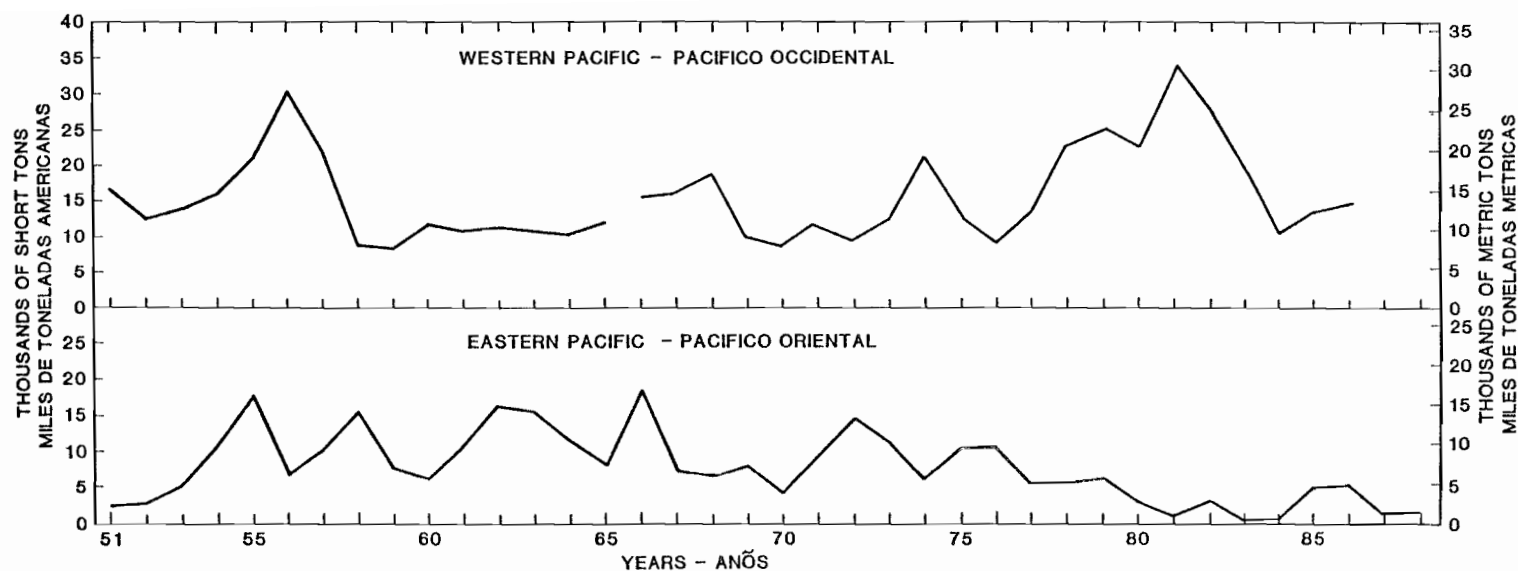


FIGURE 93. Annual catches of bluefin in the Pacific Ocean. The data in the top panel are from unpublished files of the Far Seas Fisheries Research Laboratory of Japan. The 1951–1965 data include only large fish (greater than about 15 kg or 33 pounds). The 1966–1986 data include both small and large fish. The data for the small fish were estimated from the catches of *meji* (small bluefin, bigeye, and yellowfin) by a proration process based on the catches of large bluefin, bigeye, and yellowfin. The data in the bottom panel are from Table 1.

FIGURA 93. Capturas anuales de atún aleta azul en el Océano Pacífico. Los datos en el recuadro superior provienen de archivos inéditos del Far Seas Fisheries Research Laboratory del Japón. Los datos de 1951–1965 incluyen solamente peces grandes (cuyo peso supera unos 15kg/33 libras). Los datos de 1966–1986 incluyen también peces pequeños. Se estimaron los datos sobre los peces pequeños a partir de las capturas de *meji* (patudos y aletas amarillas y azules pequeños) por medio de un procedimiento de prorrateo basado en las capturas de ejemplares grandes de estas especies. Se tomaron los datos en el recuadro inferior de la Tabla 1.

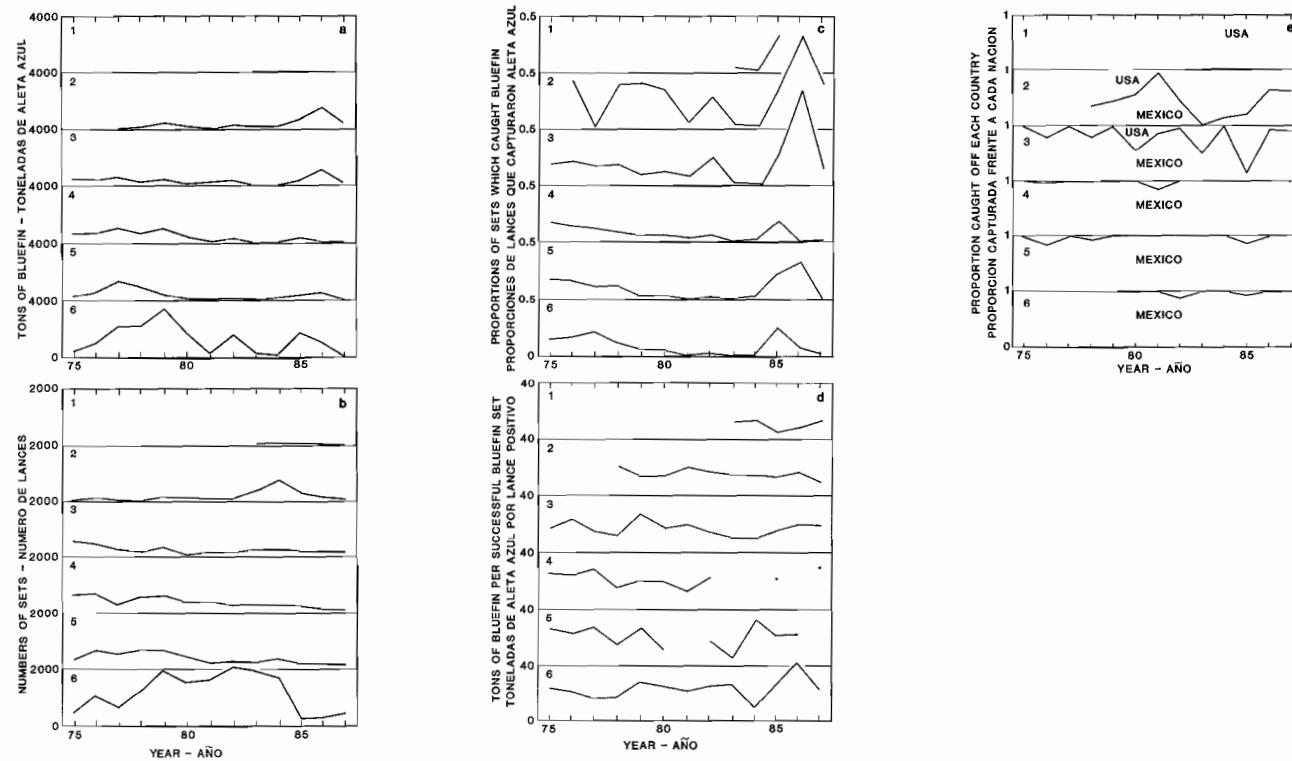


FIGURE 94. Trends in (a) tons of bluefin caught in bluefin area-time strata, (b) numbers of purse-seine sets in those strata, (c) proportions of those sets which caught bluefin, (d) tons of bluefin caught per successful bluefin set, and (e) percentages of bluefin caught off Mexico and the United States. The numbers in the upper left corners of the panels indicate the vessel size classes.

FIGURA 94. Tendencias en (a) el tonelaje de aleta azul capturado en estratos de zona-tiempo de aleta azul; (b) el número de lances cerqueros en dichos estratos; (c) la proporción de aquellos lances que capturó aleta azul; (d) el tonelaje de aleta azul capturado por lance positivo sobre aleta azul; y (e) el porcentaje de aleta azul capturado frente a México y los Estados Unidos. Las cifras en la esquina superior izquierda de los recuadros indican las clases de arqueo de los barcos.

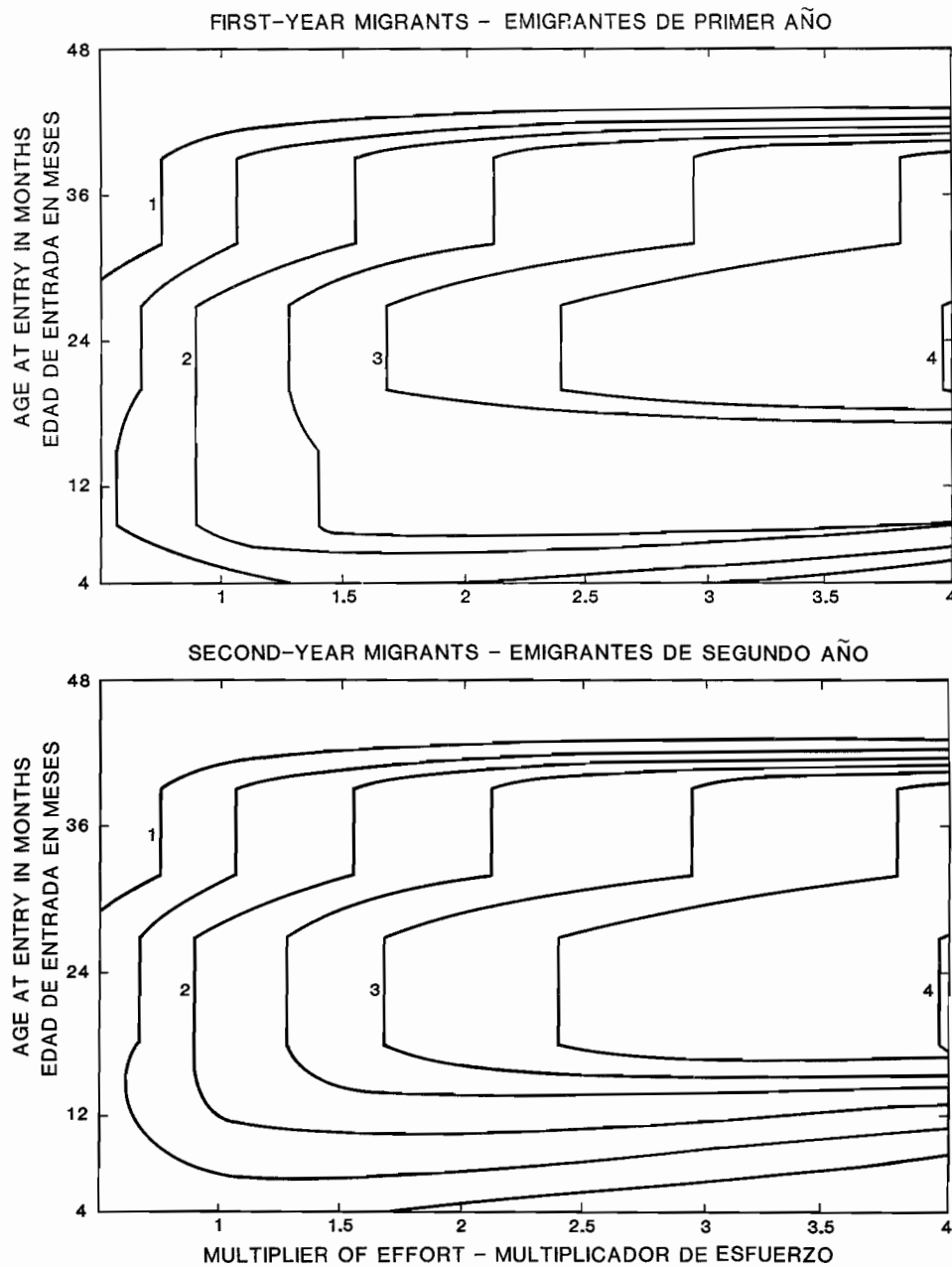


FIGURE 95. Yield-per-recruit isopleths for northern bluefin, based on the data in Table 4. The vertical portions of the isopleths are caused by the lack of fishing effort during these periods.

FIGURA 95. Isolíneas de rendimiento por recluta para el aleta azul del norte, basadas en los datos de la Tabla 4. Las porciones verticales de las isolíneas se deben a la falta de esfuerzo de pesca en esos periodos.

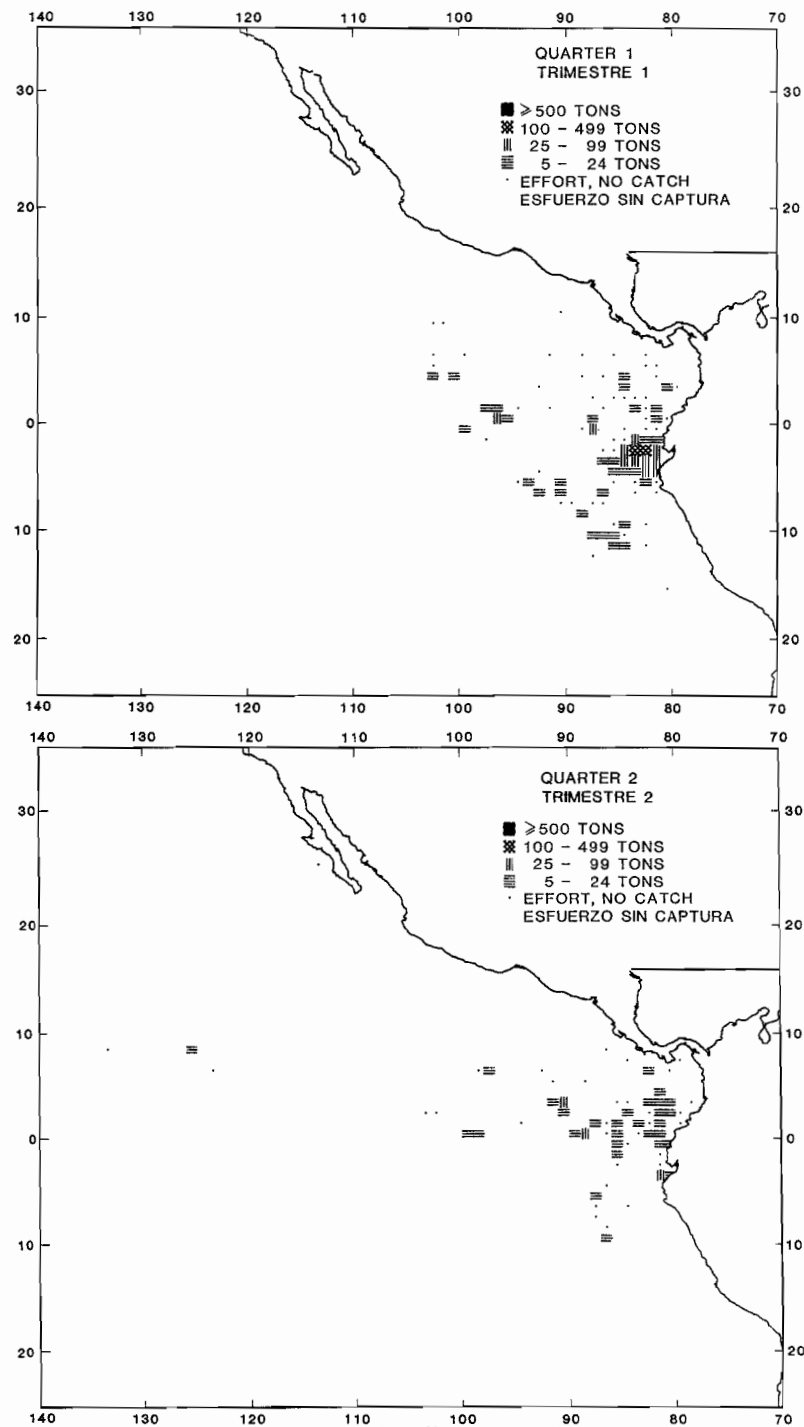


FIGURE 96. Quarterly distributions of average catches of bigeye by surface gear in the eastern Pacific Ocean for the 1971-1980 period.

FIGURA 96. Distribución trimestral de las capturas medias de patudo logradas por artes epipelágicas en el Océano Pacífico oriental durante 1971-1980.

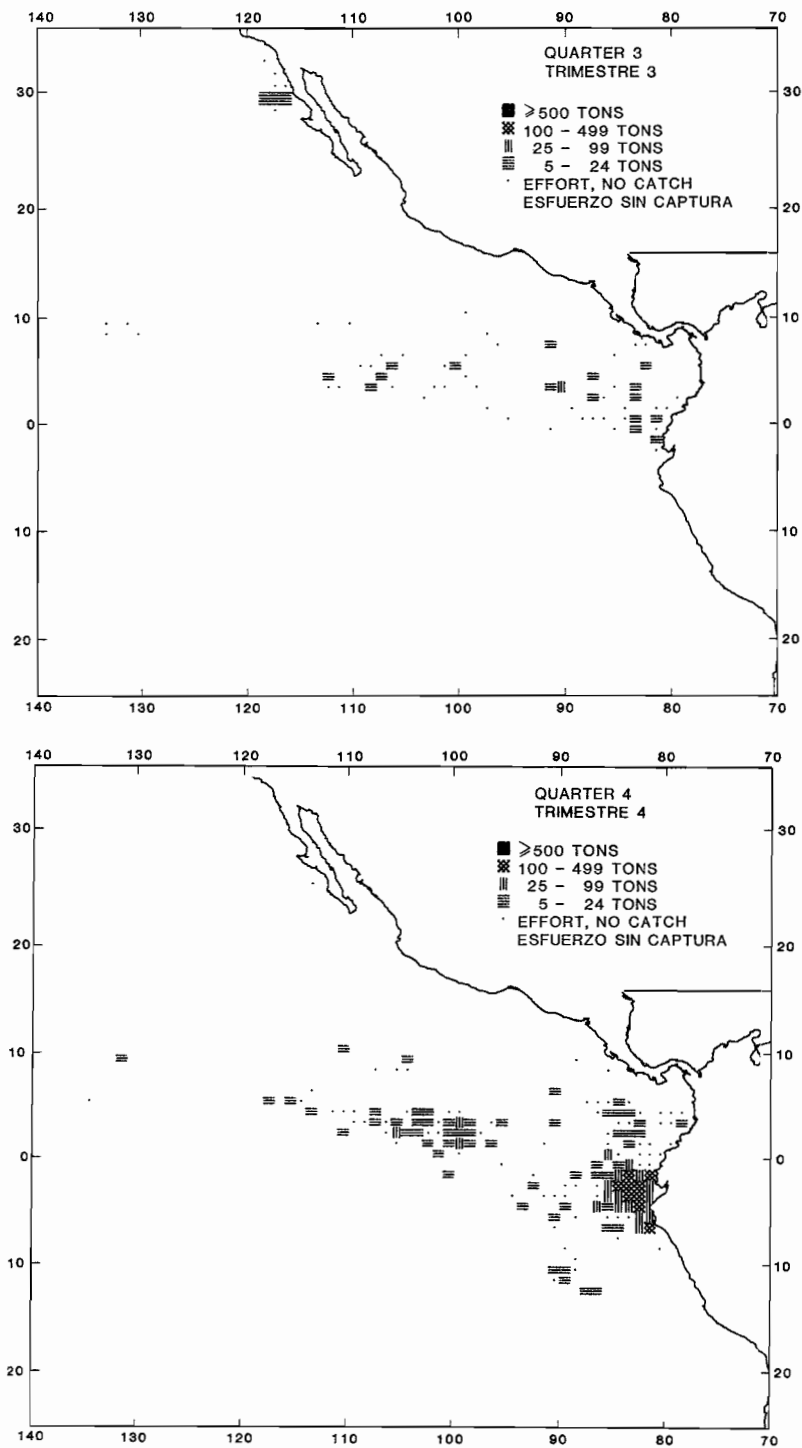


FIGURE 96. (continued)
FIGURA 96. (continuación)

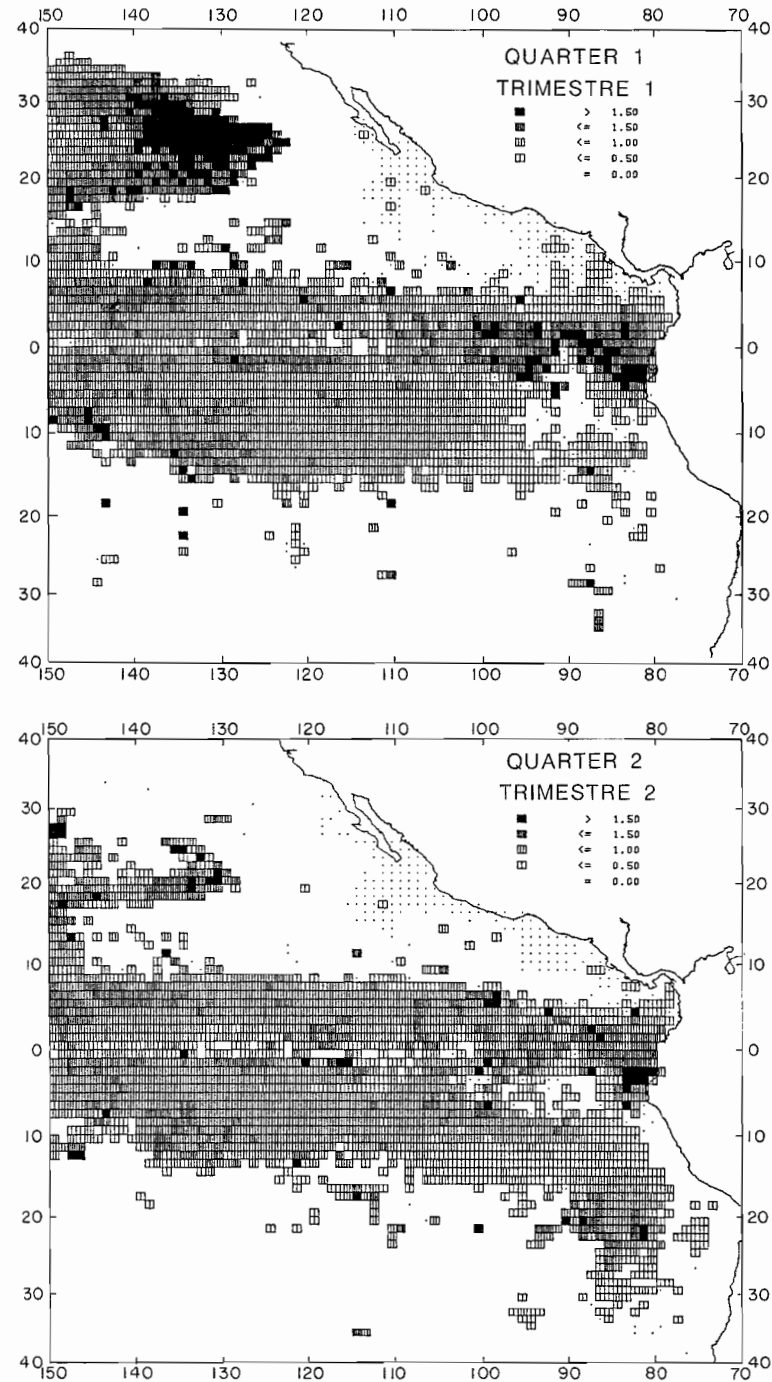


FIGURE 97. Quarterly distributions of the average hook rates (numbers of fish per 100 hooks) of bigeye by longline vessels in the eastern Pacific for the 1971–1980 period.

FIGURA 97. Distribución trimestral de las tasas medias de captura por anzuelo (número de peces por 100 anzuelos) de patudo por barcos palangreros en el Pacífico oriental, correspondiente al período 1971–1980.

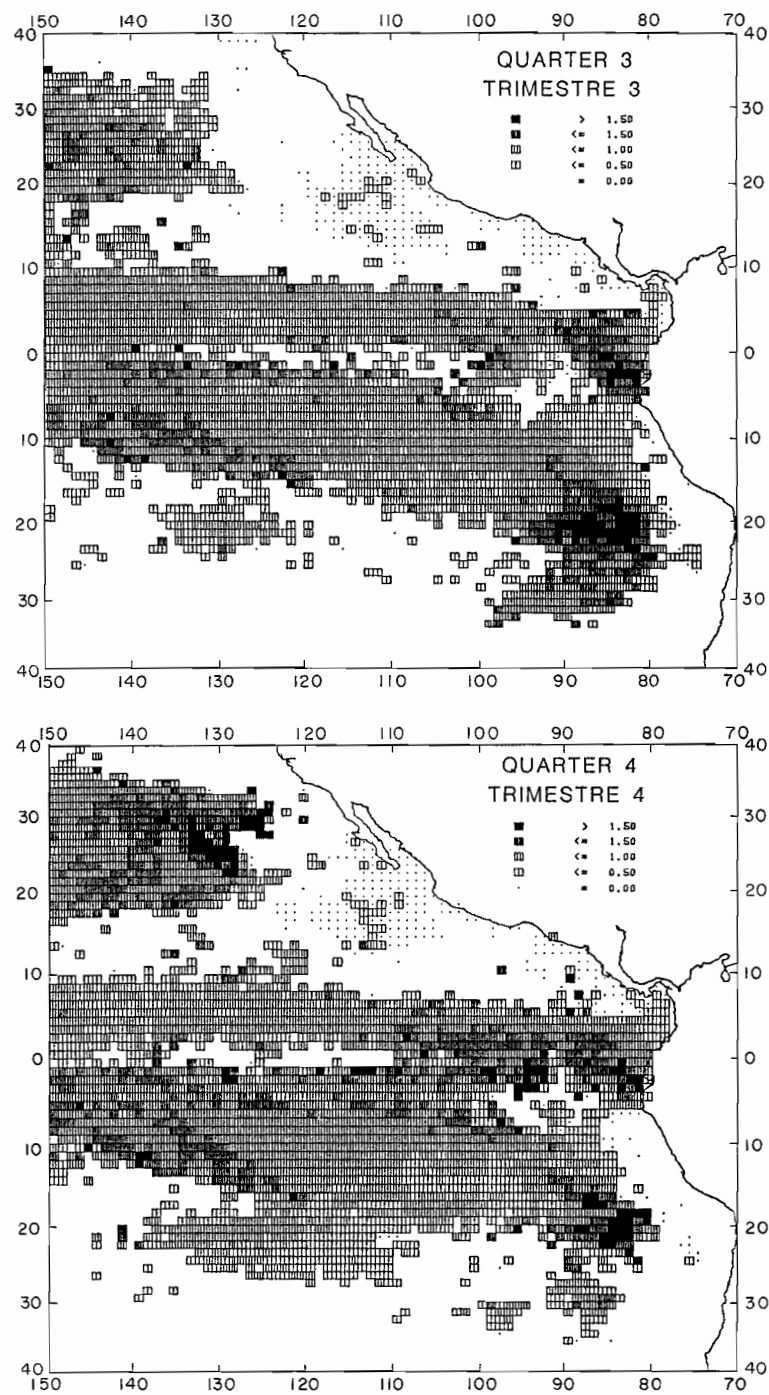


FIGURE 97. (continued)
FIGURA 97. (continuación)

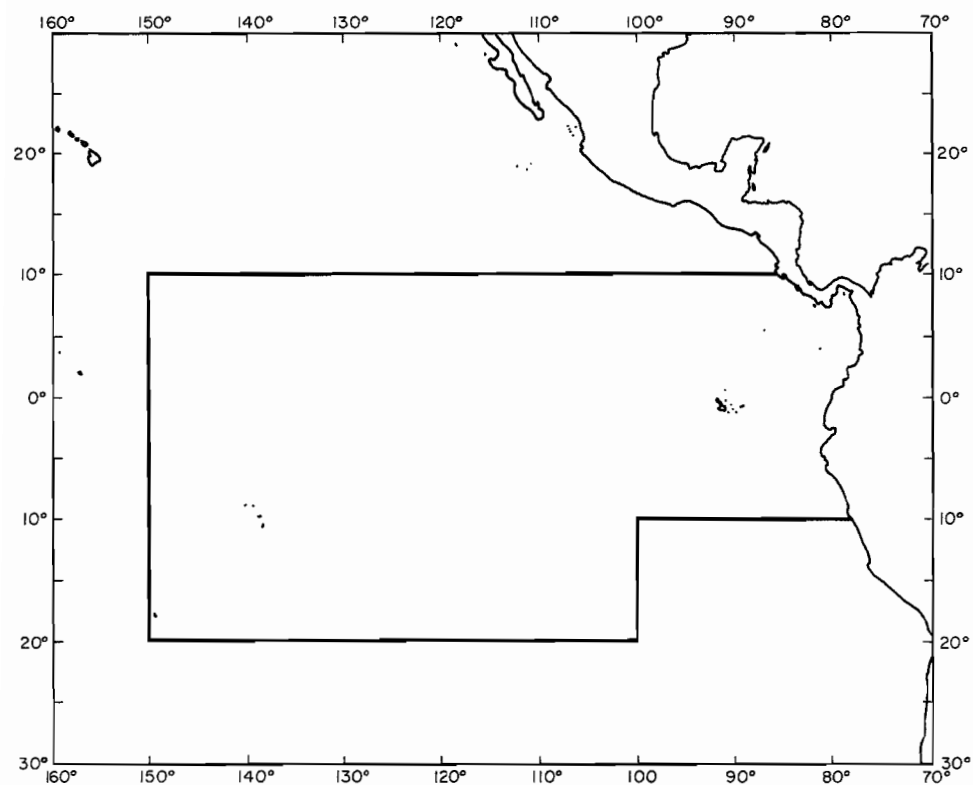


FIGURE 98. Area from which the data used for Figures 99 and 100 were collected.

FIGURA 98. Zona en la que se recolectaron los datos usados en las Figuras 99 y 100.

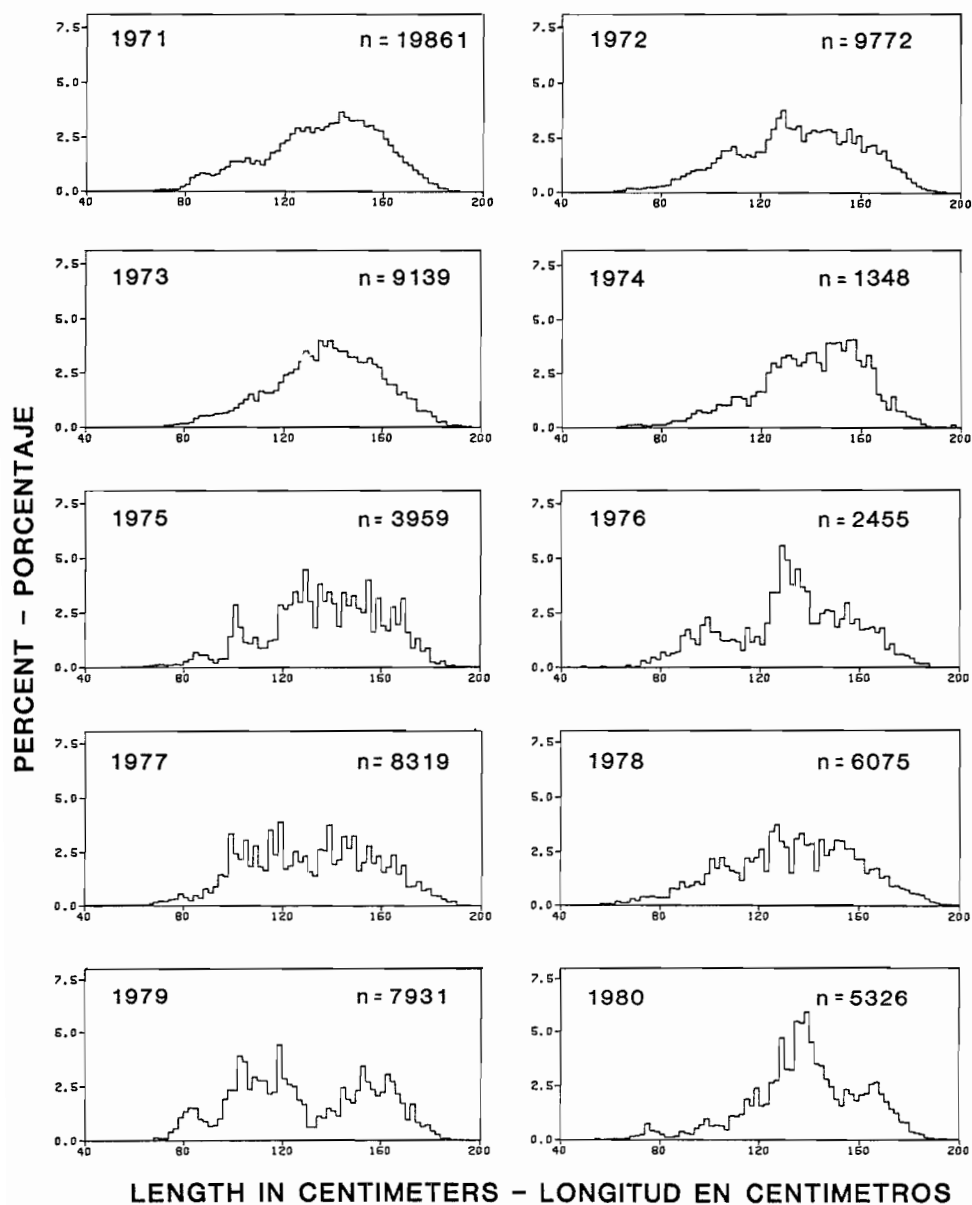


FIGURE 99. Annual length-frequency distributions of bigeye caught by longliners in the area delineated in Figure 98 during 1971–1980.

FIGURA 99. Distribución anual de frecuencia de longitud del patudo capturado por palangreros durante 1971–1980 en la zona delineada en la Figura 98.

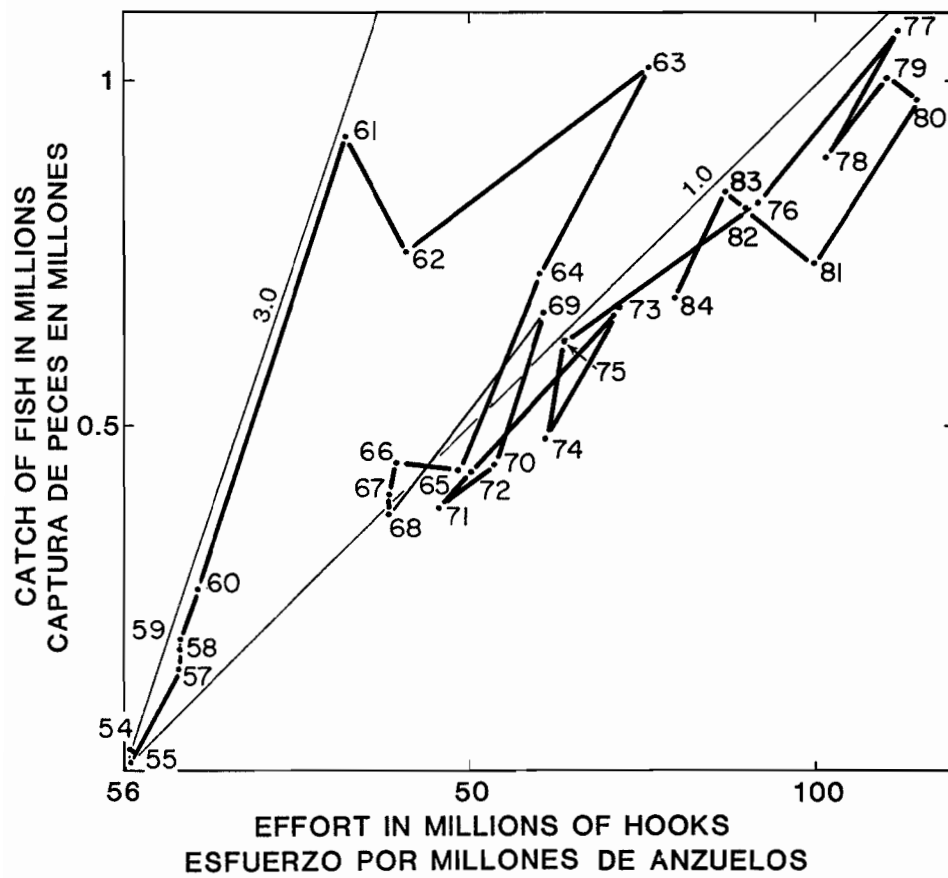


FIGURE 100. Relationship between estimated longline catch and effort for bigeye in the portion of the eastern Pacific Ocean delineated in Figure 98 for the 1954–1984 period. The fine lines denote CPUEs in numbers of fish per 100 hooks.

FIGURA 100. Relación entre el esfuerzo y la captura palangrera estimada de patudo en la zona delineada en la Figura 98, durante el período 1954–1984. Las líneas finas indican la CPUE en número de peces por 100 anzuelos.

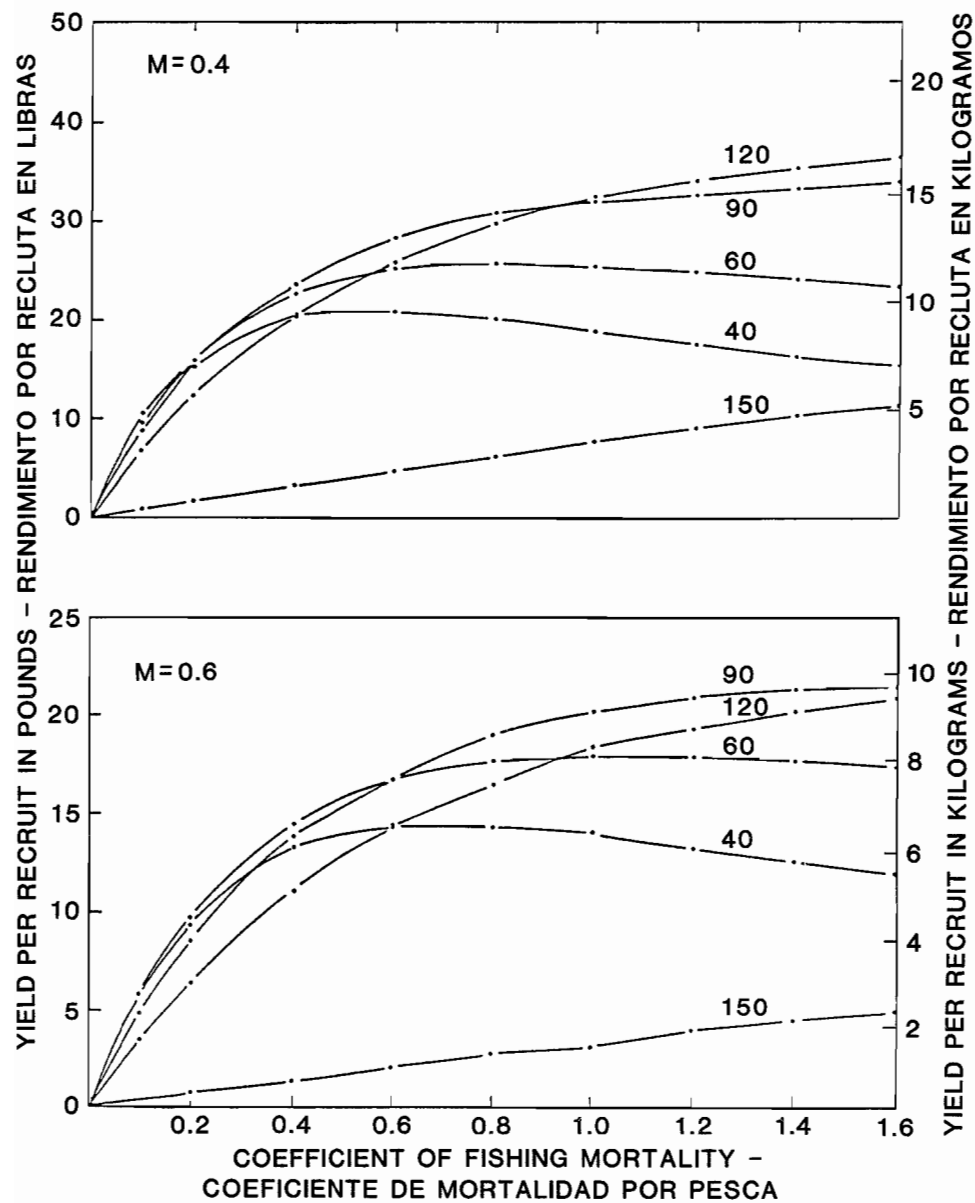


FIGURE 101. Estimated yields per recruit of bigeye with various combinations of fishing effort and lengths at entry for annual natural mortality rates of 0.4, 0.6, 0.8, and 1.0.

FIGURA 101. Estimación del rendimiento por recluta del patudo con varias combinaciones del esfuerzo de pesca y longitudes de ingreso para tasas de mortalidad natural de 0.4, 0.6, 0.8, y 1.0.

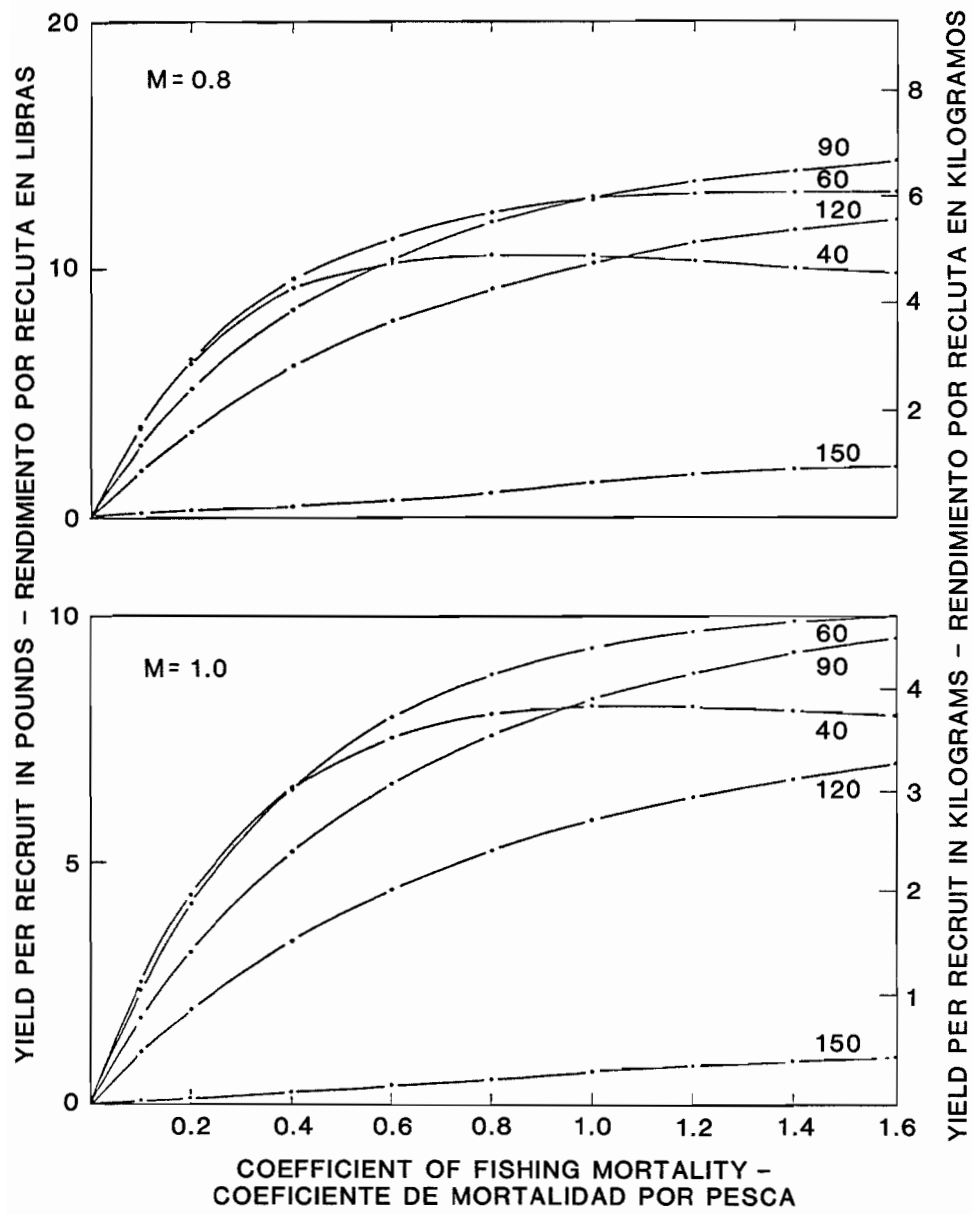


FIGURE 101. (continued)

FIGURA 101. (continuación)

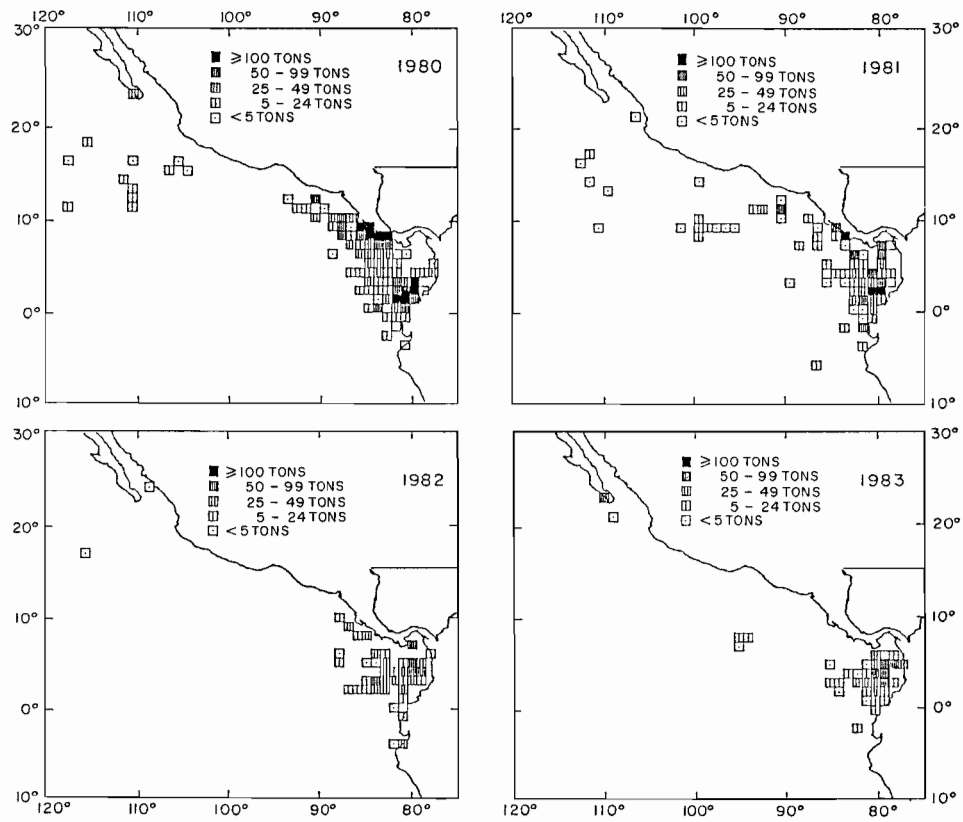


FIGURE 102. Logged purse-seine catches of black skipjack in the eastern Pacific Ocean during 1980–1983.

FIGURA 102. Capturas cerqueras del barrilete negro registradas en el Océano Pacífico oriental durante 1980–1983.

TABLE 1. Estimated catches, in short tons, by the eastern Pacific tuna fleet. The abbreviations used in the table are as follows: YFT, yellowfin; SKJ, skipjack; BET, bigeye; BFT, bluefin; BEP, bonito; ALB, albacore; BKJ, black skipjack; MISC, other species including sharks, other tunas, and miscellaneous fishes; CYRA, Commission's Yellowfin Regulatory Area; outside, area between the CYRA and 150°W. The 1988 data are preliminary. Additional information concerning this table is given in the text.

TABLA 1. Capturas estimadas, en toneladas cortas, logradas por la flota atunera del Pacífico oriental. En la tabla se usan las siguientes abreviaturas: YFT: aleta amarilla; SKJ: barrilete; BET: patudo; BFT: aleta azul; BEP: bonito; ALB: albacora; BKJ: barrilete negro; MISC: otras especies, incluyendo tiburones, otros túnidos, y peces diversos; ARCAA: Área de Regulación de la Comisión para el Aleta Amarilla; exterior: zona entre el ARCAA y 150°W. Los datos de 1988 son preliminares. En el texto se ofrece mayor información sobre esta tabla.

Year Año	CYRA ARCAA	Outside Exterior	Pacific Ocean east of 150°W Océano Pacífico al este de 150°W								Total
	YFT	YFT	YFT	SKJ	BET	BFT	BEP	ALB	BKJ	MISC	
1961	115,682	0	115,682	75,468	235	8,968	3,205	2,670	0	236	206,464
1962	87,158	0	87,158	78,256	362	12,421	3,576	1,292	0	193	183,258
1963	72,136	0	72,136	105,333	83	13,527	3,442	3,773	0	265	198,559
1964	101,390	0	101,390	65,322	75	10,161	7,387	3,672	5	248	188,260
1965	90,167	0	90,167	86,194	130	7,592	4,464	710	18	171	189,446
1966	91,513	0	91,513	66,669	294	17,523	4,911	2,140	10	465	183,525
1967	90,116	0	90,116	132,999	1,834	6,491	11,072	4,133	0	127	246,772
1968	114,500	1,207	115,707	78,385	2,821	6,587	8,772	4,955	0	138	217,365
1969	126,898	19,217	146,115	65,109	635	7,635	3,252	3,246	0	1	225,993
1970	142,425	30,680	173,105	61,752	1,469	4,372	5,223	4,935	0	29	250,885
1971	113,886	22,758	136,644	115,432	2,830	9,215	10,581	2,745	6	67	277,520
1972	152,897	44,768	197,665	36,826	2,468	14,714	9,781	5,326	662	404	267,846
1973	177,985	49,506	227,494	48,450	2,181	11,845	8,670	2,553	1,845	391	303,429
1974	191,606	40,988	232,594	86,862	980	6,192	4,888	5,272	4,125	1,087	342,000
1975	176,044	47,729	223,773	136,540	4,104	10,563	18,561	3,672	564	305	398,082
1976	210,468	50,829	261,297	139,070	11,229	11,735	4,815	4,115	1,681	1,463	435,405
1977	202,409	17,792	220,201	95,169	7,777	6,033	12,428	2,163	1,608	2,148	347,527
1978	183,995	16,037	200,032	187,185	12,911	5,948	5,332	1,923	2,383	888	416,602
1979	194,973	15,177	210,150	145,531	8,302	6,744	1,988	361	1,509	1,375	375,960
1980	146,480	29,638	176,118	143,761	16,998	3,239	6,736	661	4,057	1,050	352,620
1981	174,691	26,545	201,236	131,846	11,124	1,201	6,523	830	2,108	1,113	355,981
1982	118,722	20,079	138,801	108,782	4,524	3,472	2,339	610	1,475	862	260,865
1983	91,397	13,482	104,879	64,049	3,594	940	4,221	503	1,363	1,885	181,434
1984	142,325	18,186	160,511	66,746	6,453	972	3,873	5,899	734	1,087	246,275
1985	216,235	24,075	240,310	54,456	4,996	4,469	3,973	955	328	590	310,077
1986	252,951	42,688	295,639	70,005	2,182	5,604	540	198	656	1,256	376,080
1987	274,911	26,616	301,527	68,608	850	1,097	3,417	54	948	1,829	378,330
1988	295,435	21,632	317,067	94,385	868	1,547	10,110	301	1,468	2,663	428,409

TABLE 1. (continued)
TABLA 1. (continuación)

Year Año	Western Pacific Pacífico occidental			Atlantic and Caribbean Atlántico y Caribe				Total, all areas and species Total, todas las zonas y especies
	YFT	SKJ	MISC	YFT	SKJ	BET	MISC	
1961	0	0	0	14	111	0	0	206,589
1962	0	0	0	0	0	0	0	183,258
1963	0	0	0	14	1,827	0	2,985	203,385
1964	0	0	0	0	4,361	0	3,159	195,780
1965	0	0	0	50	173	0	1,390	191,059
1966	0	0	0	0	4	0	124	183,653
1967	0	0	0	1,252	542	0	858	249,424
1968	0	0	0	7,371	4,213	17	0	228,966
1969	0	0	0	20,243	5,202	163	0	251,601
1970	0	227	0	10,321	13,094	215	1,790	276,532
1971	0	0	0	4,595	20,156	649	1,820	304,740
1972	0	0	0	14,158	14,797	234	1,094	298,129
1973	0	0	0	4,248	25,494	125	746	334,041
1974	35	0	0	6,528	21,693	957	178	371,391
1975	0	363	0	15,884	8,310	74	909	423,622
1976	247	5,435	2	2,509	2,842	43	469	446,952
1977	157	6,822	4	8,821	7,054	365	130	370,880
1978	24	8,050	44	11,474	9,381	274	369	446,218
1979	0	4,826	0	3,491	3,097	234	659	388,267
1980	351	6,062	0	5,540	4,269	222	32	369,096
1981	5,369	6,603	0	4,401	5,047	141	186	377,428
1982	6,106	13,402	66	5,502	3,277	380	243	289,841
1983	27,930	55,325	390	10,269	6,742	0	276	282,366
1984	5,877	17,971	537	7,696	5,934	3	193	284,486
1985	991	5,368	7	7,851	4,096	0	49	328,439
1986	4,321	5,341	0	1,068	1,767	9	15	388,601
1987	1,532	3,427	54	4,009	2,428	26	107	389,914
1988	1,262	2,102	447	323	229	0	0	432,711

TABLE 2. Estimates of the catches and landings of tunas in the eastern Pacific Ocean (EPO) in 1987 by species and vessel flag, in short tons.
TABLA 2. Estimaciones de las capturas y desembarcos de atunes en el Océano Pacífico oriental (OPO) en 1987, por especie y bandera, en toneladas cortas.

Flag	Yellowfin		Skipjack	Bigeye	Bluefin	Bonito	Albacore	Black skipjack	Other ^a	Total	Percentage of total
Bandera	Aleta amarilla		Barrilete	Patudo	Aleta azul	Bonito	Albacora	Barrilete negro	Otras ^a	Total	Porcentaje del total
	CYRA	Outside									
CATCHES—CAPTURAS											
Ecuador	17,819	0	22,103	268	0	0	0	352	607	41,149	10.9
Japan	914	0	0	0	0	0	0	0	0	914	0.2
México	98,314	11,108	7,296	20	131	151	0	172	215	117,407	31.0
Perú	129	0	1,467	0	0	60	0	0	0	1,656	0.4
USA	96,235	13,766	13,767	122	967	3,206	54	152	824	129,093	34.1
Venezuela	38,188	1,173	11,335	283	0	0	0	85	6	51,070	13.5
Others—Otros ^b	23,313	570	12,640	158	0	0	0	187	176	37,044	9.8
Total	274,912	26,617	68,608	851	1,098	3,417	54	948	1,828	378,333	
LANDINGS—DESEMBARCOS											
Ecuador	25,326	0	29,223	403	0	0	0	321	623	55,896	14.9
France	10,446	644	759	188	0	0	0	0	0	12,037	3.2
Italy	44,745	4,012	516	18	0	0	0	0	0	49,291	13.1
Japan	8,767	9	0	36	55	0	0	0	0	8,867	2.4
México	24,779	982	5,916	6	67	151	0	7	7	31,915	8.5
Panamá	431	0	392	0	0	0	0	0	0	823	0.2
Perú	129	0	1,467	0	0	60	0	0	0	1,656	0.4
Spain	19,715	1,900	2,816	160	0	0	0	0	1	24,592	6.6
Thailand	439	0	1,263	0	0	0	0	0	0	1,702	0.5
USA	124,063	19,496	20,643	356	912	2,994	54	0	607	169,125	45.1
Venezuela	3,754	10	5,037	12	0	0	0	0	0	8,813	2.3
Yugoslavia	394	0	1	0	0	0	0	0	0	395	0.1
Others—Otros ^c	7,737	19	1,810	26	64	172	0	175	30	10,033	2.7
Total	270,725	27,072	69,843	1,205	1,098	3,377	54	503	1,268	375,145	

^a Includes mackerel, sharks, other tunas, and miscellaneous fishes.

^b Includes El Salvador, Panama, Spain, and Vanuatu. This category is used to avoid revealing the operations of individual vessels or companies.

^c Includes Africa, Australia, Canada, Colombia, Costa Rica, and Israel. This category is used to avoid revealing the operations of individual vessels or companies.

^a Incluye estorninos, tiburones, otros túnidos, y peces diversos.

^b Incluye El Salvador, España, Panamá, y Vanuatu. Se usa esta categoría para no revelar información sobre faenas de barcos o empresas individuales.

^c Incluye África, Australia, Canadá, Colombia, Costa Rica, e Israel. Se usa esta categoría para no revelar información sobre faenas de barcos o empresas individuales.

TABLE 3. Preliminary estimates of the catches and landings of tunas in the EPO in 1988, by species and vessel flag, in short tons.**TABLA 3.** Estimaciones preliminares de las capturas y desembarcos de atunes en el OPO en 1988, por especie y bandera, en toneladas cortas.

Flag	Yellowfin		Skipjack	Bigeye	Bluefin	Bonito	Albacore	Black skipjack	Other ^a	Total	Percentage of total
Bandera	Aleta amarilla		Barrilete	Patudo	Aleta azul	Bonito	Albacora	Barrilete negro	Otras ^a	Total	Porcentaje del total
	CYRA	Outside									
CATCHES—CAPTURAS											
Ecuador	29,475	0	13,480	319	0	7	0	1,212	955	45,448	10.6
Japan	1,090	0	0	0	0	0	0	0	0	1,090	0.3
México	105,849	8,509	21,262	0	493	6,426	0	10	89	142,638	33.3
USA	84,785	12,440	38,116	146	996	3,677	301	146	1,350	141,957	33.1
Venezuela	44,441	598	11,738	137	58	0	0	30	44	57,046	13.3
Others—Otros ^b	29,795	85	9,789	266	0	0	0	70	225	40,230	9.4
Total	295,435	21,632	94,385	868	1,547	10,110	301	1,468	2,663	428,409	
LANDINGS—DESEMBARCOS											
Ecuador	35,723	0	15,470	385	0	7	0	1,020	281	52,986	12.1
France	2,474	0	2	0	0	0	0	0	0	2,476	0.6
Italy	30,788	4,102	575	0	39	45	0	0	0	35,549	8.1
Japan	24,171	1,563	250	0	131	10	0	0	0	26,125	6.0
México	49,194	2,428	14,615	0	345	6,392	0	0	12	72,986	16.7
Panamá	24,457	330	4,898	225	0	0	0	13	0	29,923	6.9
Spain	2,522	91	136	0	0	0	0	0	0	2,749	0.6
Thailand	1,336	115	112	0	0	0	0	0	0	1,563	0.4
USA	96,794	12,352	45,807	280	973	3,651	301	9	996	161,163	36.9
Venezuela	20,538	84	6,140	32	58	0	0	12	0	26,864	6.2
Others—Otros ^c	16,732	79	6,773	52	0	4	0	194	73	23,907	5.5
Total	304,729	21,144	94,778	974	1,546	10,109	301	1,348	1,362	436,291	

^a Includes mackerel, sharks, other tunas, and miscellaneous fishes.^b Includes Panama, Spain, and Vanuatu. This category is used to avoid revealing the operations of individual vessels or companies.^c Includes Africa, Colombia, Costa Rica, El Salvador, and Yugoslavia. This category is used to avoid revealing the operations of individual vessels or companies.^a Incluye estorninos, tiburones, otros túnidos, y peces diversos.^b Incluye España, Panamá, y Vanuatu. Se usa esta categoría para no revelar información sobre faenas de barcos o empresas individuales.^c Incluye África, Colombia, Costa Rica, El Salvador, e Yugoslavia. Se usa esta categoría para no revelar información sobre faenas de barcos o empresas individuales.

TABLE 4. Numbers and carrying capacities, in short tons, of vessels of the eastern Pacific tuna fleet. *Bolicheras* are small purse seiners with limited ranges. There is no information available on bolicheras or trollers for 1950–1954. The 1988 data are preliminary.

TABLA 4. Número y capacidad de acarreo, en toneladas cortas, de los barcos de la flota atunera del Pacífico oriental. Las *bolicheras* son cerqueros pequeños con radio de acción limitado. No se dispone de información sobre bolicheras o curricanes para 1950–1954. Los datos de 1988 son preliminares.

Year Año	Seiners Cerqueros		Baitboats De carnada		Bolicheras		Trollers Curricanes		Total	
	No.	Tons	No.	Tons	No.	Tons	No.	Tons	No.	Tons
1950	67	7,890	204	39,967	–	–	–	–	271	47,857
1951	78	8,731	255	44,160	–	–	–	–	303	52,891
1952	64	7,371	202	40,631	–	–	–	–	266	48,002
1953	64	7,508	191	42,895	–	–	–	–	255	50,403
1954	69	7,960	182	40,647	–	–	–	–	251	48,607
1955	65	7,880	183	41,729	15	375	0	0	263	49,984
1956	66	7,999	182	41,425	55	1,375	0	0	303	50,799
1957	55	7,019	193	40,785	40	1,000	0	0	288	48,804
1958	49	6,614	180	39,220	29	725	0	0	258	46,559
1959	87	12,224	185	36,066	18	450	5	98	295	48,838
1960	112	22,806	117	16,820	15	375	0	0	244	40,001
1961	124	30,011	93	10,510	1	25	0	0	218	40,546
1962	130	33,945	89	6,725	27	675	0	0	246	41,345
1963	141	39,834	108	5,964	18	450	3	55	270	46,303
1964	134	40,307	88	4,712	3	65	0	0	225	45,084
1965	146	42,283	109	5,777	17	395	7	182	279	48,637
1966	126	39,869	113	6,217	7	140	2	29	248	46,255
1967	122	40,221	108	5,862	8	170	0	0	238	46,253
1968	139	50,613	89	5,743	4	100	2	24	234	56,480
1969	149	57,008	69	4,957	4	95	3	71	225	62,131
1970	162	67,508	49	4,302	0	0	9	177	220	71,987
1971	185	88,770	102	5,569	6	150	66	1,514	359	96,003
1972	206	112,361	108	6,707	4	100	74	1,946	392	121,114
1973	216	131,910	106	6,856	3	75	28	729	353	139,570
1974	230	146,990	111	7,766	4	110	7	150	352	155,016
1975	249	163,766	102	7,403	4	105	9	181	364	171,455
1976	250	176,469	99	7,071	4	115	38	909	391	184,564
1977	250	178,813	79	5,436	3	87	37	953	371	185,289
1978	262	180,781	68	5,044	9	272	50	1,303	389	187,400
1979	268	183,673	45	3,979	14	405	5	112	332	188,169
1980	258	184,647	46	3,838	12	355	4	106	320	188,840
1981	247	183,729	39	3,063	3	72	2	55	291	186,919
1982	221	167,780	36	2,713	2	60	4	131	263	170,684
1983	199	137,842	52	3,470	12	300	8	244	271	141,856
1984	165	113,168	40	3,055	0	0	9	232	214	116,455
1985	175	127,272	25	2,424	0	0	1	14	201	129,710
1986	165	122,564	17	1,939	0	0	0	0	183	124,503
1987	177	143,765	29	2,237	0	0	0	0	206	146,002
1988	182	147,931	36	3,081	0	0	3	70	221	151,082

TABLE 5. Numbers and carrying capacities in short tons of vessels (exclusive of longliners and miscellaneous small vessels) operating in the eastern Pacific Ocean in 1987 by flag, gear, and size class. Each vessel is included in the totals for each flag under which it fished during the year, but is included only once in the fleet total. Therefore the totals for the fleet may not equal the sums of the individual flag entries.

TABLA 5. Número de barcos que pescaron en el Océano Pacífico oriental en 1987 (sin incluir palangreros y barcos pequeños diversos), y capacidad de acarreo de los mismos, en toneladas cortas, por bandera, arte de pesca, y clase de arqueo. Se incluye cada barco en los totales de cada bandera bajo la cual pescó durante el año, pero solamente una vez en el total de la flota. Es posible por lo tanto que los totales de la flota no equivalgan a las sumas de las banderas individuales.

Flag Bandera	Gear Arte	Size class—Clase de arqueo						Capacity Capacidad	
		1	2	3	4	5	6		Total
NUMBER—NUMERO									
Costa Rica	Seiner	—	—	—	—	—	1	1	*
Ecuador	Seiner	1	5	10	6	2	4	28	6,517
	Baitboat	6	—	—	—	—	—	6	170
El Salvador	Seiner	—	—	—	—	—	2	2	*
México	Seiner	—	1	1	1	1	50	54	52,840
	Baitboat	—	4	8	—	—	—	12	1,399
Panamá	Seiner	—	—	1	—	—	5	6	5,213
Perú	Seiner	—	1	2	—	—	—	3	387
Spain	Seiner	—	—	—	—	—	1	1	*
USA	Seiner	1	9	4	1	1	38	54	41,965
	Baitboat	6	4	1	—	—	—	11	668
Vanuatu	Seiner	—	—	—	—	1	5	6	*
Venezuela	Seiner	—	—	—	—	—	25	25	29,634
All flags—	Seiner	2	16	18	8	5	128	177	
Todas las	Baitboat	12	8	9	—	—	—	29	
banderas	All gear	14	24	27	8	5	128	206	
CAPACITY—CAPACIDAD									
All flags—	Seiner	80	1,447	2,441	1,917	1,846	136,034		143,765
Todas las	Baitboat	347	669	1,221	—	—	—		2,237
banderas	All gear	427	2,116	3,662	1,917	1,846	136,034		146,002

*Indicate data pooled to avoid revealing the operations of individual vessels or companies.

*Indican datos combinadas para evitar revelar las actividades de barcos o empresas individuales.

TABLE 6. Preliminary estimates of the numbers and carrying capacities in short tons of vessels (exclusive of longliners and miscellaneous small vessels) operating in the EPO in 1988 by flag, gear, and size class. Each vessel is included in the totals for each flag under which it fished during the year, but is included only once in the fleet total. Therefore the totals for the fleet may not equal the sums of the individual flag entries.

TABLA 6. Estimaciones preliminares del número de barcos que pescaron en el OPO en 1988 (sin incluir palangreros y barcos pequeños diversos), y capacidad de acarreo de los mismos, en toneladas cortas, por bandera, arte de pesca, y clase de arqueo. Se incluye cada barco en los totales de cada bandera bajo la cual pescó durante el año, pero solamente una vez en el total de la flota. Es posible por lo tanto que los totales de la flota no equivalgan a las sumas de las banderas individuales.

Flag Bandera	Gear Arte	Size class—Clase de arqueo						Total	Capacity Capacidad
		1	2	3	4	5	6		
NUMBER—NUMERO									
Ecuador	Seiner	1	5	11	6	2	6	31	7,995
	Baitboat	8	—	—	—	—	—	8	227
El Salvador	Seiner	—	—	—	—	—	2	2	*
Korea	Seiner	—	—	—	—	—	1	1	*
México	Seiner	—	3	—	—	2	49	54	52,257
	Baitboat	—	5	11	—	—	—	16	1,916
Panamá	Seiner	—	—	—	—	—	5	5	5,063
Spain	Seiner	—	—	—	—	—	1	1	*
USA	Seiner	—	12	5	1	1	40	59	44,578
	Baitboat	4	6	2	—	—	—	12	938
	Jigboat	3	—	—	—	—	—	3	70
Vanuatu	Seiner	—	—	—	—	1	5	6	*
Venezuela	Seiner	—	—	—	—	—	26	26	30,839
All flags—	Seiner	1	20	16	7	6	132	182	
Todas las	Baitboat	12	11	13	—	—	—	36	
banderas	Jigboat	3	—	—	—	—	—	3	
	All gear	16	31	29	7	6	132	221	
CAPACITY—CAPACIDAD									
All flags—	Seiner	50	1,629	2,218	1,684	2,242	140,108		147,931
Todas las	Baitboat	372	896	1,813	—	—	—		3,081
banderas	Jigboat	70	—	—	—	—	—		70
	All gear	492	2,525	4,031	1,684	2,242	140,108		151,082

*Indicate data pooled to avoid revealing the operations of individual vessels or companies.

*Indican datos combinados para evitar revelar las actividades de barcos o empresas individuales.

TABLE 7. Catches per ton of carrying capacity by vessel size group for the EPO purse-seine fleet, by species, in the EPO and in all ocean fishing areas (OFA). The size groups, by capacity in short tons, are as follows: 1, <301; 2, 301–400; 3, 401–600; 4, 601–800; 5, 801–1000; 6, 1001–1200; 7, 1201–1400; 8, >1400. The abbreviations for the species are as follows: YFT, yellowfin; SKJ, skipjack; All, all species reported. The 1988 data are preliminary.

TABLA 7. Captura por tonelada de capacidad de acarreo y por clase de arqueo de la flota cerquera del OPO, por especie, en el OPO y en todas las zonas pesqueras oceánicas (All OFA). Las clases de arqueo, por capacidad en toneladas cortas, son las siguientes: 1, <301; 2, 301–400; 3, 401–600; 4, 601–800; 5, 801–1000; 6, 1001–1200; 7, 1201–1400; 8, >1400. Las abreviaturas de las especies son: YFT: aleta amarilla; SKJ: barrilete. La abreviatura "All" en la columna de "Especie" indica todas las especies informadas. Los datos de 1988 son preliminares.

Year Año	Species Especie	Size group and catch area Clase de arqueo y zona de captura																Total	
		1		2		3		4		5		6		7		8			
		EPO OPO	All OFA	EPO OPO	All OFA	EPO OPO	All OFA	EPO OPO	All OFA	EPO OPO	All OFA	EPO OPO	All OFA	EPO OPO	All OFA	EPO OPO	All OFA	EPO OPO	All OFA
1974	YFT	1.7	1.7	1.9	1.9	1.7	1.7	2.2	2.2	1.4	1.4	1.5	1.6	1.1	1.2	0.9	1.0	1.5	1.6
	SKJ	0.6	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7	0.5	0.5	0.5	0.7	0.5	0.6	0.6	1.0	0.4	0.8	0.5	0.7
	All	3.1	3.1	2.9	2.9	2.6	2.6	2.7	2.7	1.9	2.1	2.0	2.2	1.8	2.3	1.3	1.9	2.2	2.4
1975	YFT	1.7	1.7	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.0	1.0	1.2	1.4	1.4	1.6	0.4	0.7	1.3	1.4
	SKJ	1.3	1.3	0.9	0.9	0.8	0.8	0.6	0.6	0.8	0.8	0.6	0.7	1.0	1.1	0.5	0.6	0.7	0.8
	All	4.4	4.4	3.5	3.5	3.0	3.0	2.5	2.5	2.0	2.0	1.9	2.1	2.4	2.7	1.0	1.4	2.3	2.4
1976	YFT	1.3	1.3	1.4	1.4	1.3	1.3	1.6	1.6	1.0	1.0	1.8	1.8	1.7	1.8	0.8	0.8	1.4	1.5
	SKJ	1.0	1.0	0.9	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.8	0.7	0.9	0.4	0.4	0.7	0.8
	All	3.2	3.2	3.1	3.1	2.5	2.5	2.4	2.5	1.8	1.8	2.6	2.7	2.7	2.8	1.2	1.3	2.3	2.4
1977	YFT	1.3	1.3	1.4	1.4	0.9	0.9	1.6	1.6	0.9	0.9	1.3	1.3	1.6	1.7	0.8	0.9	1.2	1.3
	SKJ	0.9	0.9	0.6	0.6	0.4	0.4	0.6	0.6	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6	0.3	0.5	0.5	0.6
	All	3.1	3.1	3.0	3.0	1.7	1.7	2.4	2.4	1.3	1.4	1.8	1.9	2.2	2.3	1.1	1.5	1.8	2.0
1978	YFT	1.3	1.3	1.6	1.6	1.0	1.0	1.5	1.5	0.9	0.9	1.1	1.1	1.1	1.2	0.6	0.8	1.1	1.1
	SKJ	1.3	1.3	1.0	1.0	0.9	0.9	1.0	1.0	0.9	1.0	1.1	1.2	1.2	1.4	0.6	0.8	1.0	1.1
	All	3.2	3.2	3.2	3.2	2.1	2.1	2.6	2.6	1.9	2.1	2.3	2.4	2.4	2.7	1.2	1.6	2.2	2.4
1979	YFT	1.5	1.5	1.6	1.6	1.3	1.3	1.4	1.4	0.8	0.8	1.1	1.1	1.2	1.2	0.6	0.6	1.1	1.1
	SKJ	1.3	1.3	0.9	0.9	0.5	0.5	0.9	0.9	0.5	0.5	0.8	0.8	0.7	0.7	0.5	0.6	0.7	0.8
	All	3.2	3.2	2.8	2.8	2.0	2.0	2.4	2.4	1.4	1.4	1.9	2.1	2.0	2.0	1.2	1.3	2.0	2.0
1980	YFT	0.8	0.8	1.1	1.1	0.9	0.9	1.2	1.2	0.6	0.6	0.9	1.0	1.1	1.1	0.8	0.9	0.9	1.0
	SKJ	0.5	0.5	0.9	0.9	0.8	0.8	1.0	1.0	0.4	0.4	0.8	0.8	0.9	1.0	0.6	0.7	0.7	0.8
	All	2.2	2.2	2.3	2.3	1.8	1.8	2.2	2.2	1.1	1.2	1.8	1.9	2.1	2.2	1.5	1.7	1.8	1.9
1981	YFT	1.1	1.1	1.2	1.2	0.9	0.9	1.3	1.3	1.0	1.0	1.2	1.2	1.0	1.2	0.6	0.7	1.1	1.1
	SKJ	1.0	1.0	1.1	1.1	0.7	0.7	0.9	0.9	0.4	0.4	0.7	0.7	0.6	0.8	0.4	0.6	0.7	0.7
	All	3.0	3.0	2.6	2.6	1.6	1.7	2.2	2.2	1.5	1.5	1.9	2.0	1.7	2.0	1.0	1.4	1.9	2.0
1982	YFT	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7	0.6	0.7	0.9	1.0	0.9	0.9	0.7	0.9	0.8	0.9
	SKJ	1.9	1.9	1.3	1.3	0.7	0.7	0.6	0.6	0.4	0.5	0.5	0.6	0.7	0.7	0.2	0.7	0.6	0.7
	All	3.3	3.3	2.5	2.5	1.5	1.5	1.3	1.3	1.0	1.2	1.5	1.7	1.6	1.7	0.9	1.8	1.5	1.7
1983	YFT	1.2	1.2	1.0	1.0	0.7	0.7	0.7	0.7	0.8	1.0	0.7	1.1	0.6	0.8	0.3	0.9	0.7	1.0
	SKJ	1.7	1.7	0.9	0.9	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.5	0.3	1.0	0.3	0.9	0.1	0.9	0.4	0.9
	All	3.7	3.7	2.0	2.0	1.2	1.2	1.1	1.1	1.3	1.5	1.0	2.1	0.9	1.7	0.3	1.8	1.2	1.9
1984	YFT	1.8	1.8	1.9	1.9	1.2	1.2	1.7	1.7	1.5	1.6	1.4	1.6	1.0	1.1	0.2	0.6	1.4	1.5
	SKJ	1.9	1.9	1.6	1.6	0.7	0.7	0.6	0.6	0.5	0.6	0.4	0.8	0.3	0.6	0.3	0.6	0.6	0.8
	All	5.0	5.0	3.9	3.9	2.0	2.0	2.3	2.3	2.2	2.3	2.0	2.5	1.3	1.7	0.6	1.2	2.1	2.4
1985	YFT	1.4	1.4	1.1	1.1	1.2	1.2	1.6	1.6	1.4	1.6	2.1	2.1	2.1	2.1	1.3	1.6	1.9	1.9
	SKJ	2.1	2.2	1.5	1.5	0.3	0.3	0.4	0.4	0.1	0.1	0.3	0.4	0.1	0.1	1.0	1.1	0.4	0.5
	All	4.7	4.7	3.0	3.0	1.9	1.9	2.1	2.1	1.5	1.8	2.4	2.6	2.2	2.3	2.4	2.7	2.4	2.5
1986	YFT	2.0	2.0	1.8	1.8	1.5	1.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.5	2.6	2.6	2.7	2.1	2.1	2.4	2.4
	SKJ	2.4	2.4	2.0	2.0	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.5	0.1	0.2	0.9	0.9	0.6	0.6
	All	5.3	5.3	4.3	4.3	2.4	2.4	2.5	2.5	2.5	2.5	3.0	3.1	2.8	3.0	3.0	3.0	3.0	3.1
1987	YFT	2.0	2.0	2.1	2.1	1.2	1.4	1.8	1.8	1.4	1.5	2.2	2.3	2.4	2.4	1.1	1.4	2.1	2.1
	SKJ	2.0	2.0	3.2	3.2	1.2	1.5	0.6	0.6	0.5	0.6	0.3	0.3	0.2	0.2	0.3	0.6	0.4	0.5
	All	5.0	5.0	5.4	5.4	2.4	2.9	2.4	2.4	2.0	2.1	2.5	2.6	2.6	2.7	1.4	2.0	2.6	2.7
1988	YFT	2.1	2.1	3.5	3.5	2.0	2.0	2.2	2.2	1.5	1.5	2.1	2.1	2.1	2.1	1.1	1.2	2.1	2.1
	SKJ	1.4	1.4	1.2	1.2	0.8	0.8	0.5	0.5	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6	0.2	0.5	0.6	0.6
	All	4.9	4.9	5.5	5.5	2.8	2.8	3.0	3.0	1.9	2.0	2.7	2.7	2.7	2.7	1.2	1.7	2.7	2.8

TABLE 8. Search classifications. YF: yellowfin; SJ: skipjack.**TABLA 8.** Clasificaciones de búsqueda. YF: aleta amarilla; SJ: barrilete.

Search classification Clasificación de búsqueda	Set type at the end of the search Tipo de lance al fin de la búsqueda	Previous set type Tipo de lance anterior	Mixed YF + SJ or pure YF at the end of the search YF + SJ mixto o YF puro al fin de la búsqueda
1	schoolfish cardumen	schoolfish cardumen	YF
2	dolphin delfin	dolphin delfin	YF
3	floating object objeto flotante	floating object objeto flotante	YF
4	schoolfish cardumen	schoolfish cardumen	YF + SJ
5	dolphin delfin	dolphin delfin	YF + SJ
6	floating object objeto flotante	floating object objeto flotante	YF + SJ
7	different from previous set diferente al lance anterior	different from set type at end of search diferente al tipo de lance al fin de la búsqueda	YF or-o YF + SJ

TABLE 9. Mean differences between yellowfin length-frequency samples as functions of set type, skipjack association, distance between samples, and days between samples.

TABLA 9. Diferencias medias entre muestras de frecuencia de longitud del aleta amarilla como función de tipo de lance, asociación con barriletes, distancia entre muestras, y días entre muestras.

Agree for both set type and skipjack association Concuerdan en tipo de lance y asociación con barriletes				
Distance (miles)—Distancia (millas)				
Days—Días	0-20	21-50	51-80	81-680
0- 10	0.49	0.60	0.68	1.09
11- 30	0.64	0.57	0.67	0.97
31- 55	0.74	0.67	0.83	1.03
56-165	0.97	0.91	1.13	1.24
Agree on either set type or skipjack association, but not both Concuerdan en tipo de lance o asociación con barriletes, pero no en ambos				
Distance (miles)—Distancia (millas)				
Days—Días	0-20	21-50	51-80	81-680
0- 10	0.53	0.62	0.70	1.29
11- 30	0.73	0.60	0.80	1.23
31- 55	0.69	0.69	0.81	1.17
56-165	1.02	0.94	1.07	1.35
Agree on neither set type nor skipjack association No concuerdan en tipo de lance ni en asociación con barriletes				
Distance (miles)—Distancia (millas)				
Days—Días	0-20	21-50	51-80	81-680
0- 10	0.72	0.93	1.40	2.20
11- 30	0.88	1.14	1.48	2.11
31- 55	2.51	1.32	1.78	1.77
56-165	1.14	1.50	1.26	1.63

TABLE 10. “Half lives” for various combinations of Exclusive Economic Zone (EEZ) radii and a^2 values and probabilities that tagged yellowfin and skipjack released at the centers of the EEZs will die outside the EEZs. The table is explained further in the text.

TABLA 10. “Medias vidas” para varias combinaciones de radio de la Zona Económica Exclusiva (ZEE) y valores de a^2 y probabilidad que aletas amarillas y barriletes marcados liberados al centro de la ZEE mueran fuera de la ZEE. Se explica esta tabla más detalladamente en el texto.

Nation Nación	Equivalent radius (nm) Radio equivalente (mn)	$a^2 = 500$			$a^2 = 1000$			$a^2 = 2000$		
		½ life	P(YF)	P(SJ)	½ life	P(YF)	P(SJ)	½ life	P(YF)	P(SJ)
Cook Islands	412	490	0.47	0.15	245	0.69	0.39	122	0.83	0.62
Fiji	346	345	0.59	0.26	173	0.74	0.51	86	0.88	0.72
French Polynesia	683	1346	0.13	0.01	673	0.36	0.07	336	0.60	0.27
Kiribati	574	950	0.23	0.03	475	0.48	0.16	238	0.69	0.40
Nauru	172	85	0.88	0.72	43	0.93	0.85	21	0.97	0.92
Solomon Islands	353	360	0.58	0.25	179	0.76	0.50	90	0.87	0.71
Tonga	255	187	0.75	0.48	94	0.87	0.70	47	0.93	0.83
Tuvalu	289	241	0.69	0.39	120	0.83	0.62	60	0.91	0.79
U.S. Trust Territory	759	1662	0.08	0.00	830	0.28	0.04	416	0.54	0.26
Vanuatu	251	182	0.76	0.49	91	0.87	0.70	45	0.93	0.84
Western Samoa	105	32	0.96	0.88	16	0.98	0.94	8	0.99	0.97

TABLE 11. Gill raker counts (means \pm SD) and F values (ANOVA, $df = 4, 442$).

TABLA 11. Conteos de los branquiespinas (promedios \pm DE) y valores de F (ANOVA, $gl = 4, 442$).

Character Carácter	México (n = 101)	Ecuador (n = 80)	Australia (n = 66)	Japan (n = 100)	Hawaii (n = 100)	All—Todos (n = 447)	F	P
Upper limb—Rama superior	8.4 \pm 0.6	9.3 \pm 0.5	8.2 \pm 0.5	8.3 \pm 0.6	8.4 \pm 0.6	8.5 \pm 0.7	47.29	<0.01
Lower limb—Rama inferior	21.6 \pm 0.8	21.5 \pm 0.8	21.0 \pm 0.8	21.2 \pm 0.8	21.9 \pm 0.7	21.5 \pm 0.9	15.59	<0.01
Total	30.0 \pm 1.1	30.8 \pm 0.9	29.2 \pm 1.0	29.5 \pm 1.1	30.2 \pm 1.0	30.0 \pm 1.1	28.42	<0.01

TABLE 12. Summary of stepwise discriminant analysis for five groups and twelve adjusted morphometric characters, plus total gill raker (GR) counts.**TABLA 12.** Resumen del análisis discriminante por pasos para cinco grupos y doce caracteres morfométricos ajustados, más conteos totales de las branquiespinas (GR).

Step Number	Variable entered	F value to enter or remove	Number of variables included	U-statistic	Approximate F-statistic	Degrees of freedom
Paso N°	Variable entrada	Valor F a añadir o quitar	Número de variables incluidas	Estadístico de U	Estadístico de F aproximado	Grados de libertad
1	PFL-LAP	154.393	1	0.407	154.393	4 424
2	SDFL-LSAD	78.919	2	0.233	113.278	8 846
3	FDPF-PDAP	47.734	3	0.161	92.757	12 1116.8
4	SFD-HPD	38.584	4	0.117	81.706	16 1286.81
5	HL-LC	21.035	5	0.098	70.773	20 1393.93
6	SDPF-SDAP	15.861	6	0.085	62.620	24 1462.93
7	SDAF-SDAA	14.030	7	0.075	56.668	28 1508.54
8	AFL-LAA	10.244	8	0.068	51.530	32 1539.42
9	GR	9.618	9	0.062	47.522	36 1560.68
10	FDSD-PDSD	7.834	10	0.058	44.050	40 1575.49
11	FDAF-PDAA	7.952	11	0.054	41.284	44 1585.82
12	SSD-HSD	5.943	12	0.051	38.679	48 1592.96

Classification Matrix—Matriz de Clasificación

Group Grupo	Percent correct Porcentaje correcto	Number of fish classified into group Número de peces clasificado en el grupo				
		México	Ecuador	Australia	Japan	Hawaii
México	79.1	72	15	1	1	2
Ecuador	88.5	4	69	1	2	2
Australia	95.3	0	0	61	3	0
Japan	65.6	2	0	12	63	19
Hawaii	80.0	3	3	4	10	80
Total	80.4	81	87	79	79	103

Jackknifed Classification—Clasificación por “jackknife”

Group Grupo	Percent correct Porcentaje correcto	Number of fish classified into group Número de peces clasificado en el grupo				
		México	Ecuador	Australia	Japan	Hawaii
México	78.0	71	16	1	1	2
Ecuador	85.9	5	67	1	3	2
Australia	95.3	0	0	61	3	0
Japan	65.6	2	0	12	63	19
Hawaii	78.0	3	3	4	12	78
Total	79.3	81	86	79	82	101

TABLE 13. Summary of stepwise discriminant function analyses for México and Ecuador groups and twelve adjusted morphometric characters, plus total gill raker counts.

TABLA 13. Resumen de los análisis por pasos de función discriminante para los grupos de México y Ecuador y doce caracteres morfométricos ajustados, más conteos totales de las branquiespinas.

Step Number	Variable entered	<i>F</i> value to enter or remove	Number of variables included	<i>U</i> -statistic	Approximate <i>F</i> -statistic	Degrees of freedom
Paso N ^o	Variable entrada	Valor <i>F</i> a añadir o quitar	Número de variables incluidas	Estadístico de <i>U</i>	Estadístico de <i>F</i> aproximado	Grados de libertad
1	SDFL-LSAD	120.116	1	0.5816	120.116	1 167
2	PFL-LAP	25.336	2	0.5046	81.478	2 166
3	SFD-HPD	12.282	3	0.4697	62.104	3 165
5	SSD-HSD	4.730	5	0.4229	44.481	5 163
6	FDSD-PDSD	8.022	6	0.4030	40.002	6 162
Classification Matrix—Matriz de Clasificación						
Group Grupo	Percent correct Porcentaje correcto	Number of fish classified into group Número de peces clasificado en el grupo				
		México	Ecuador			
México	83.5	76	15			
Ecuador	91.0	7	71			
Total	87.0	83	86			
Jackknifed Classification—Clasificación por “jackknife”						
Group Grupo	Percent correct Porcentaje correcto	Number of fish classified into group Número de peces clasificado en el grupo				
		México	Ecuador			
México	81.3	74	17			
Ecuador	88.5	9	69			
Total	84.6	83	86			

TABLE 14. Releases and recaptures of bluefin tagged in the eastern Pacific Ocean during 1958–1980. The 1962–1968 experiments were carried out by the U.S. Bureau of Commercial Fisheries, the California Department of Fish and Game, and the Mission Bay Research Foundation.

TABLA 14. Liberaciones y recapturas de atunes aleta azul marcados en el Océano Pacífico oriental durante 1958–1980. Los experimentos de 1962–1968 fueron realizados por el Bureau of Commercial Fisheries de los EE.UU., el California Department of Fish and Game, y el Mission Bay Research Foundation.

Release Liberación		Recapture Recaptura															
Year Año	Number Cantidad	Year 0 Año 0		Year 1 Año 1		Year 2 Año 2		Year 3 Año 3		Year 4 Año 4		Year 5 Año 5		Unknown Desconocido		Total Total	
		East Este	West Oeste	East Este	West Oeste	East Este	West Oeste	East Este	West Oeste	East Este	West Oeste	East Este	West Oeste	East Este	West Oeste	East Este	West Oeste
1958	122	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	8	1
1962	960	86	0	83	0	1	3	0	2	0	0	0	0	0	0	170	5
1963	643	79	0	30	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	115	0
1964	959	107	0	75	0	17	1	0	0	0	2	0	0	0	0	199	3
1966	237	63	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	65	0
1968	35	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0
1979	300	35	0	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	39	1
1980	114	3	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	7	0
Total	3,370	387	0	196	0	24	4	0	3	0	2	0	1	2	0	609	10

TABLE 15. Releases and recaptures of bluefin tagged off Japan during 1980–1988. The abbreviations are as follows: W, western Pacific; C, central Pacific (between 160°E and 130°W); E, eastern Pacific; FSFRL, Far Seas Fisheries Research Laboratory.

TABLA 15. Liberaciones y recapturas de atunes aleta azul marcados frente al Japón durante 1980–1988. Se usan las siguientes abreviaciones: W, Pacífico occidental; C, Pacífico central (entre 160°E y 130°W); E, Pacífico oriental; IATTC, Comisión Interamericana del Atún Tropical; FSFRL, Far Seas Fisheries Research Laboratory.

Year class Generación anual	Release—Liberación		Recapture—Recaptura																	
	Organization Organización	Number Cantidad	Year 0			Year 1			Year 2			Year 3			Year 4			Total		
			W	C	E	W	C	E	W	C	E	W	C	E	W	C	E	W	C	E
			O	C	E	O	C	E	O	C	E	W	C	E	O	C	E	W	C	E
1979	IATTC	739	–	–	–	157	0	0	33	0	24	9	1	0	3	0	0	202	1	24
1980	IATTC	106	10	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0	0
	FSFRL	802	64	0	0	46	0	0	8	0	4	2	0	0	0	0	0	120	0	4
1981	IATTC	3,297	264	0	0	48	2	24	5	0	1	0	0	0	0	0	0	317	2	25
	FSFRL	1,653	127	0	0	67	3	21	17	0	3	2	0	0	0	0	0	213	3	24
1982	IATTC	237	24	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29	0	0
	FSFRL	614	2	0	0	25	0	0	3	0	1	2	0	1	0	0	0	32	0	2
1983	FSFRL	788	8	0	0	111	0	1	9	0	19	1	0	0	0	0	0	129	0	20
1984	FSFRL	1,944	109	0	0	54	0	2	3	0	26	0	0	0	0	0	0	166	0	28
1985	FSFRL	993	1	0	0	84	0	0	10	0	4	1	0	0	–	–	–	96	0	4
1986	FSFRL	863	45	0	0	37	0	0	0	0	1	–	–	–	–	–	–	82	0	1
1987	FSFRL	729	35	0	0	10	0	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	45	0	1
1988	FSFRL	588	14	0	0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	14	0	0
Total		13,353	703	0	0	645	5	49	89	0	83	17	1	1	3	0	0	1,457	6	133

TABLE 16. Data for tagged fish released in the western Pacific and recaptured during Year 1 (upper panel) and Year 2 (lower panel) in the western (W) and eastern (E) Pacific.
TABLA 16. Datos sobre peces marcados liberados en el Pacífico occidental y recapturados durante el primer año (recuadro superior) y el segundo (recuadro inferior) en el Pacífico occidental (W) y el oriental (E).

Year classes Generación anual	Areas released Zona de liberación	Month of release—Mes de liberación																									
		7		8		9		10		11		12		1		2		3		4		5		6		Total	
		W	E	W	E	W	E	W	E	W	E	W	E	W	E	W	E	W	E	W	E	W	E	W	E	W	E
1979–1980	Kochi	2	1	18	0																					20	1
1982–1987	Shizuoka	1	0	2	0	7	0	3	0																	13	0
	Nagasaki									20	0	108	1	61	1	20	0									209	2
	Kagoshima											9	1	45	0	65	0	67	0	8	0	3	0			197	1
	Hokkaido							2	0														6	0	8	0	
	Total	3	1	20	0	7	0	5	0	20	0	117	2	106	1	85	0	67	0	8	0	3	0	6	0	447	4
1981	Kochi	1	0	40	24	7	0																			48	24
	Shizuoka			4	8	2	0																			6	8
	Nagasaki									19	6	38	7													57	13
	Hokkaido									4	0															4	0
	Total	1	0	44	32	9	0			23	6	38	7													115	45
1979	Kagoshima												10	10			17	12	6	2					33	24	
1980–1982	Kochi			6	1																					6	1
1985	Shizuoka			2	1																					2	1
	Shimane									1	1															1	1
	Nagasaki									10	2	13	5	2	0											25	7
	Kagoshima															6	3									6	3
	Toyama Bay									1	0															1	0
	Hokkaido							3	0																	3	0
	Total			8	2			3	0	12	3	13	5	2	0	6	3									44	13
	1983–1984	Shimane								8	2																8
Nagasaki											1	16	2	15											3	31	
Kagoshima											1	11													1	11	
Hokkaido																						0	1	0	1		
Total									8	2	2	27	2	15								0	1	12	45		

TABLE 17. Sampling information, numbers of black skipjack larvae or early juveniles which survived at least 48 hours after transfer to laboratory aquaria, and standard lengths of those which did not survive nightlighting and transfer procedures. Accurate measurements were not obtained from all those which did not survive.

TABLA 17. Datos de muestreo, cantidades de barriletes negros larvales o juveniles tempranos que sobrevivieron al menos 48 horas tras ser trasladados a acuarios en el laboratorio, y longitud estándar de aquellos que no sobrevivieron la pesca y el traslado. No se obtuvieron mediciones precisas de todos los que no sobrevivieron.

Date—Fecha	SST—TSM	Number caught Cantidad capturada	Standard length at recapture Longitud estándar de captura				Number surviving Número de sobrevivientes
			Mean Promedio	Range Rango	SD DE	<i>n</i>	
1986 Oct. 8	28.5	7	15.8	13.6–17.0	1.279	5	2
Oct. 9	28.3	0	—	—	—	—	—
Oct. 11	28.0	0	—	—	—	—	—
Oct. 28	28.4	17	11.4	9.4–15.3	1.631	16	1
Oct. 29	28.4	10	11.8	10.2–12.8	1.124	5	5
Oct. 31	28.4	0	—	—	—	—	—
Nov. 5	28.4	0	—	—	—	—	—
Nov. 8	28.4	0	—	—	—	—	—
Nov. 19	28.0	11	9.3	7.7–11.1	1.047	8	2
Nov. 20	28.0	2	—	—	—	—	1
Nov. 26	28.2	9	—	—	—	—	4
Nov. 27	28.4	4	—	—	—	—	0
Dec. 4	28.1	3	11.5	9.4–13.2	1.930	3	0
Dec. 18	27.6	2	10.5	10.0–11.0	0.707	2	0
Dec. 22	27.5	1	—	—	—	—	0
Dec. 29	27.5	0	—	—	—	—	—
1987 Feb. 6	25.5	0	—	—	—	—	—
Feb. 16	25.5	0	—	—	—	—	—
Feb. 17	25.3	4	9.8	7.7–11.9	2.970	2	2
Feb. 18	—	0	—	—	—	—	—
Mar. 9	27.4	0	—	—	—	—	—
Mar. 12	24.5	0	—	—	—	—	—
Mar. 25	27.5	2	11.9	—	—	1	1
Mar. 26	27.1	0	—	—	—	—	—
Mar. 30	26.2	0	—	—	—	—	—
Apr. 3	—	0	—	—	—	—	—
Apr. 8	27.0	0	—	—	—	—	—
Apr. 9	26.4	0	—	—	—	—	—
May 1	28.4	0	—	—	—	—	—
May 4	29.0	2	9.4	—	—	1	1
May 6	29.0	0	—	—	—	—	—
Jun. 1	28.9	0	—	—	—	—	—
Jun. 3	28.5	0	—	—	—	—	—
Jun. 4	28.5	0	—	—	—	—	—
Jun. 25	29.7	0	—	—	—	—	—
Jun. 26	29.3	0	—	—	—	—	—
Jul. 2	29.5	0	—	—	—	—	—
Jul. 7	29.0	3	12.0	—	—	1	2
Jul. 9	28.8	0	—	—	—	—	—
Jul. 14	28.7	3	—	—	—	—	2
Jul. 23	28.4	5	12.8	11.5–14.0	1.770	2	0
Aug. 10	28.6	0	—	—	—	—	—
Aug. 11	28.9	0	—	—	—	—	—
Aug. 18	28.4	0	—	—	—	—	—

TABLE 17. (continued)

TABLA 17. (continuación)

1987	Aug. 20	28.8	4	-	-	-	-	4
	Aug. 27	28.6	0	-	-	-	-	-
	Aug. 31	28.5	0	-	-	-	-	-
	Sep. 15	28.5	3	10.5	-	-	1	2
	Sep. 17	28.8	3	16.4	14.4-18.4	2.830	2	1
	Sep. 23	29.0	6	8.1	-	-	1	1
	Oct. 2	28.4	7	12.7	11.2-13.7	1.162	4	3
	Oct. 15	28.9	0	-	-	-	-	-
	Oct. 23	28.7	1	-	-	-	-	1
	Oct. 26	28.5	1	-	-	-	-	0
	Nov. 9	28.6	4	11.5	10.0-13.7	1.565	4	0
	Nov. 16	28.2	3	-	-	-	-	3
	Nov. 17	28.5	1	-	-	-	-	1
	Nov. 23	28.0	0	-	-	-	-	-
	Dec. 9	28.4	37	8.6	7.1-9.5	0.728	24	5
	Dec. 15	28.5	8	10.3	9.5-11.7	1.217	3	5
	Dec. 16	28.6	4	-	-	-	-	4
	Dec. 22	28.5	4	8.0	7.9-8.0	0.071	2	2
1988	Jan. 1	28.0	0	-	-	-	-	-
	Jan. 13	27.6	0	-	-	-	-	-
	Jan. 18	27.0	0	-	-	-	-	-
	Jan. 20	27.3	36	11.3	9.0-14.4	1.717	13	23
	Jan. 25	27.3	0	-	-	-	-	-
	Feb. 10	26.0	1	12.2	-	-	1	0
	Mar. 8	23.4	0	-	-	-	-	-
	Mar. 10	24.4	2	10.9	-	-	1	1
	Mar. 16	23.9	0	-	-	-	-	-
	Mar. 30	23.5	0	-	-	-	-	-
	Apr. 5	25.5	0	-	-	-	-	-
	Apr. 11	27.1	1	9.2	-	-	1	0
	Apr. 13	26.4	1	-	-	-	-	0
	Apr. 26	26.6	0	-	-	-	-	-
	Apr. 28	27.3	0	-	-	-	-	-
Total			212				103	79

TABLE 18. Tuna-dolphin program's sampling coverage of trips, and of yellowfin captured by vessels of capacity > 400 short tons, in the purse-seine fishery during 1988.
TABLA 18. Cobertura muestral del programa atún-delfín de viajes, y de aleta amarilla capturado por barcos con capacidad > 400 toneladas cortas, en la pesca cerquera en 1988.

	Number of trips			Number of trips with dolphin sets ^a			Estimated percent sampling of tons of yellowfin caught in dolphin sets ^b Muestreo estimado (%) del tonelaje de aleta amarilla capturado en lances sobre delfines ^b
	Total	Sampled	Percent	Total	Samples	Percent	
	Número de viajes			Nº de viajes con lances sobre delfines ^a			
	Total	Muestreados	Porcentaje	Total	Muestreados	Porcentaje	
U.S. vessels—Barcos de EE.UU. sampled by—muestreados por:							
NMFS		42			38		
IATTC—CIAT		42			38 ^c		
Total	158 ^c	84	53.2	132 ^c	76	57.6	49.1
Non-U.S. vessels (sampled by IATTC)							
Barcos de otros países (muestreados por la CIAT)							
Ecuador	32	11	34.4	16	5	31.2	
El Salvador	3	1	33.3	3	1	33.3	
Korea	1	0	0.0	1	0	0.0	
México	217	83	38.2	183	71	38.8	
Panamá	20	6	30.0	14	4	28.6	
Spain—España	7	3	42.9	6	2	33.3	
Vanuatu	30	9	30.0	23	7	30.4	
Venezuela	83	26	31.3	63	21	33.3	
Undetermined—Indeterminado ^d	1	0	0.0	1	0	0.0	
Total	394	139	35.3	310	111	35.8	32.4
All countries—Todos los países	552	223	40.4	442	187	42.3	39.7

^a Adjusted estimates based on IATTC logbook coverage of vessel trips of each country in the eastern Pacific.

^a Estimaciones ajustadas, basadas en bitácoras de barcos de cada país en el Pacífico oriental recopiladas por la CIAT.

^b Using adjusted estimates of total catch of yellowfin in dolphin sets, based on IATTC logbook coverage of trips of the U.S. and non-U.S. fleets.

^b Usando estimaciones ajustadas de la captura total de aleta amarilla en lances sobre delfines, basadas en bitácoras de barcos de EE.UU. y otros países recopiladas por la CIAT.

^c Includes trips by a U.S.-flag vessel chartered to a Venezuelan company.

^c Incluye viajes por un barco de EE.UU. fletado a una compañía venezolana.

^d Reflects one trip made by a vessel without registry.

^d Refleja un viaje hecho por un barco sin registro.

TABLE 19. Estimates of the incidental mortalities of dolphins during 1988.**TABLA 19.** Estimaciones de la mortalidad incidental de delfines en 1988.

	Using mortality per set (MPS) Usando mortalidad por lance		Using mortality per thousand tons (MPT) Usando mortalidad por mil toneladas	
	Estimate Estimación	Standard error Error estándar	Estimate Estimación	Standard error Error estándar
Offshore spotted dolphin— Delfín manchado de altamar				
Northern stock—stock norteño	36,137	2,846	39,309	2,844
Southern stock—stock sureño	2,192	512	2,075	486
Eastern spinner dolphin— Delfín tornillo oriental				
Identified—identificados	18,731	1,749	20,013	1,744
Prorated ^a —prorratedos ^a	62	23	65	23
Whitebelly spinner dolphin— Delfín tornillo panza blanca				
Northern stock—stock norteño				
Identified—identificados	1,828	414	2,223	533
Prorated ^b —prorratedos ^b	16	14	6	
Southern stock—stock sureño	1,701	524	1,639	592
Common dolphin—Delfín común				
Northern stock—stock norteño	4,829	1,020	4,993	1,128
Central stock—stock central	7,128	1,224	8,349	1,592
Southern stock—stock sureño	4,219	1,354	3,975	1,197
Other dolphins—otros delfines	2,074	399	2,216	436
Totals—totales	78,927	4,049	84,881	4,175

^a Unidentified spinner dolphins are prorated to their eastern or northern whitebelly stocks.

Se prorratan los delfines tornillo no identificados al stock oriental o panza blanca norteño.

^b Other dolphins include the following species and stocks, with respective observed mortalities in parentheses: striped dolphins, *Stenella coeruleoalba* (300); bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus* (69); rough-toothed dolphins, *Steno bredanensis* (11); Fraser's dolphins, *Lagenodelphis hosei* (45); short-finned pilot whales, *Globicephala macrocephalus* (2); and unidentified dolphins (453). There are not enough data to make separate estimates for these stocks on a consistent basis.Otros delfines incluyen las especies y stocks siguientes, con la mortalidad observada correspondiente en paréntesis: delfines listados, *Stenella coeruleoalba* (300); delfines *Tursiops truncatus* (69); delfines de dientes rugosos, *Steno bredanensis* (11); delfines de Fraser, *Lagenodelphis hosei* (45); ballenas piloto (calderones), *Globicephala macrocephalus* (2); delfines no identificados (453). Los datos son insuficientes para permitir calcular estimaciones individuales para estos stocks de forma consistente.

TABLE 20. Coefficients of variation, in percent, for mortality estimates.**TABLA 20.** Coeficientes de variación, en porcentajes, de las estimaciones de mortalidad.

Year—Año	MPS	MPT
1979	10.6	10.3
1980	16.9	17.7
1981	11.8	11.5
1982	7.9	8.1
1983	11.9	11.7
1984	18.6	21.0
1985	11.2	11.7
1986	8.1	7.4
1987	8.6	8.6

TABLE 21. Comparison of mortalities for four stocks of dolphins during 1979–1988.**TABLA 21.** Comparación de la mortalidad de cuatro stocks de delfines durante 1979–1988.

	MPS	MPT
Offshore spotted dolphin—Delfín manchado de altamar	4.3	275
Eastern spinner dolphin—Delfín tornilla oriental	4.5	254
Whitebelly spinner dolphin—Delfín tornilla panza blanca	6.0	300
Common dolphin—Delfín común	23.6	1879

TABLE 22. Percentages of sets on the more common types of dolphin herds.

TABLA 22. Porcentajes de lances sobre los tipos más comunes de manadas de delfines.

	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
Pure spotted dolphin— Pura de delfines manchados	55.3	58.4	59.3	55.4	45.4	55.7	49.2	50.2	53.2	55.0
Spotted + eastern spinner dolphins— Delfines manchados + tornillos orientales	15.5	7.3	11.6	10.0	13.7	6.2	22.4	16.7	20.5	19.1
Spotted + whitebelly spinner dolphins— Delfines manchados + tornillos panza blanca	13.5	21.2	17.9	23.3	30.3	31.0	13.1	13.0	11.5	8.4
Pure common dolphin— Pura de delfines comunes	7.3	4.1	2.0	0.9	0.9	0.0	4.4	7.2	5.2	7.9

TABLE 23. Comparison of mortalities in day and sundown sets, 1979–1988.**TABLA 23.** Comparación de mortalidad en lances diurnos y nocturnos, 1979–1988.

	No. sets Nº de lances	Percentage of sets Porcentaje de lances	Percent mortality Porcentaje de mortalidad	MPS	MPT
Day sets— Lances diurnos	14,722	90.4	73.6	6.1	399
Sundown sets— Lances nocturnos	1,572	9.6	26.4	20.4	1,274
All sets— Todos los lances	16,294			7.5	487

TABLE 24. Comparison of mortalities for various backdown times.**TABLA 24.** Comparación de mortalidad con retrocesos de distinta duración.

Backdown time (minutes) — Duración del retroceso (minutos)	MPS	MPT
1–10	2.7	230
11–20	6.3	359
21–30	18.8	987
31–40	33.9	1,558
> 40	53.6	2,794

TABLE 25. Comparison of mortalities under normal conditions and with strong currents, 1979–1988.**TABLA 25.** Comparación de mortalidad con condiciones normales y con corrientes fuertes, 1979–1988.

	No. sets Nº de lances	Percentage of sets Porcentaje de lances	Percent mortality Porcentaje de mortalidad	MPS	MPT
Normal conditions— Condiciones normales	12,293	75.4	58.9	5.7	380
Strong currents— Corrientes fuertes	3,625	22.2	37.4	12.7	763
Unknown—Desconocido	376	2.4			

TABLE 26. Comparison of mortalities under normal conditions, and with minor and major malfunctions, 1979–1988.**TABLA 26.** Comparación de mortalidad con condiciones normales, y con averías menores y mayores, 1979–1988.

	No. sets Nº de lances	Percentage of sets Porcentaje de lances	Percent mortality Porcentaje de mortalidad	MPS	MPT
Normal conditions— Condiciones normales	11,163	68.5	5.9	6.1	394
Minor malfunction— Avería menor	2,355	14.5	22.7	11.7	684
Major malfunction— Avería mayor	1,671	10.3	17.6	12.8	883
Unknown—Desconocido	1,105	6.7			

TABLE 27. Comparison of mortalities with safety panel properly and improperly aligned, 1979–1988.**TABLA 27.** Comparación de mortalidad con el paño de protección bien y mal alineado, 1979–1988.

	No. sets Nº de lances	Percentage of sets Porcentaje de lances	Percent mortality Porcentaje de mortalidad	MPS	MPT
Properly aligned— Bien alineado	15,285	93.8	89.0	7.1	455
Improperly aligned— Mal alineado	387	2.4	5.5	17.4	1,150
Unknown—Desconocido	622	3.8			

TABLE 28. Relative biases (percentages) in the MPS and MPT ratios in estimates of the mortality of eastern spinner dolphins obtained with bootstrap versions of the classical, Hartley-Ross, and Pascual formulae.

TABLA 28. Sesgos relativos (porcentajes) de las razones de MPS y MPT en las estimaciones de la mortalidad de delfines tornillo oriental, obtenidos con versiones "bootstrap" de las fórmulas clásica, de Hartley-Ross, y de Pascual.

	n =	5	10	15	20	25	30	35	40	50	60	70	80	90
MPS														
Classical—Clásico	1979	8.6	3.0	0.8	4.4	0.8	-1.1	-0.5	2.3	0.4	-0.1	1.2	0.6	0.2
	1980	10.5	5.3	6.0	2.5	2.5	1.4	0.4	0.8	0.0	0.8	0.4	0.2	0.1
	1981	-5.7	8.1	3.9	4.5	0.3	1.3	-3.5	0.0	1.7	0.1	-0.4	-0.1	-0.3
Hartley-Ross	1979	4.3	0.6	-0.7	3.0	0.0	-1.8	-1.1	1.7	0.1	-0.4	1.0	0.4	0.0
	1980	6.9	3.8	5.0	1.1	1.7	0.8	-0.2	0.5	-0.3	0.5	0.2	0.0	0.0
	1981	-9.1	4.2	1.3	2.4	-1.1	0.3	-4.3	-0.7	1.1	-0.4	-0.7	-0.5	-0.5
Pascual	1979	7.6	2.5	0.4	4.1	0.6	-1.2	-0.6	2.1	0.4	-0.2	1.1	0.6	0.1
	1980	9.0	4.0	5.2	1.8	1.9	1.0	0.1	0.5	-0.3	0.6	0.2	0.1	0.0
	1981	-4.2	8.5	4.2	4.7	0.5	1.5	-3.3	0.1	1.8	0.2	-0.3	-0.1	-0.2
MPT														
Classical—Clásico	1979	8.3	4.3	6.5	2.5	0.5	1.1	3.5	1.5	0.6	1.7	1.1	0.4	0.4
	1980	20.2	11.2	10.3	5.9	4.8	3.6	2.0	2.4	0.8	1.5	1.3	0.8	0.6
	1981	9.8	15.9	8.8	8.4	3.3	3.7	-1.7	1.6	2.7	1.2	0.5	0.5	0.3
Hartley-Ross	1979	15.5	6.3	2.6	4.8	2.5	-0.1	0.8	3.3	1.4	0.5	1.7	1.0	0.4
	1980	15.7	8.5	8.5	3.7	2.8	3.0	0.9	1.7	0.4	0.9	1.1	0.7	0.5
	1981	-0.3	6.9	2.7	3.8	0.4	1.2	-3.6	-0.3	1.4	0.3	-0.2	0.0	-0.1
Pascual	1979	9.0	2.9	0.4	3.7	0.1	-1.2	-0.5	2.1	0.4	-0.3	0.9	0.4	-0.2
	1980	12.8	5.5	6.2	3.0	2.3	1.8	0.2	0.9	-0.3	0.5	0.4	0.1	-0.1
	1981	7.2	13.9	7.4	7.3	2.5	2.9	-2.3	1.1	2.3	0.8	0.2	0.3	0.0

TABLE 29. Standard errors for mortalities, using MPS and MPT data.**TABLA 29.** Errores estándar para la mortalidad, usando datos de MPS y MPT.

Method Método	Year Año	Number of trips Número de viajes	Standard error—Error estándar	
			Analytical—Analítico	Bootstrap
MPS	1979	98	1,041	1,555
	1980	99	1,451	2,549
	1981	94	1,304	2,047
	1982	75	1,525	2,152
	1983	35	672	846
MPT	1979	98	999	1,475
	1980	99	1,376	2,725
	1981	94	1,098	1,907
	1982	75	1,445	2,175
	1983	35	684	768

TABLE 30. Estimates of dolphin mortality, using MPS ratios.**TABLA 30.** Estimaciones de la mortalidad de delfines, usando razones de MPS.

Stock	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987
Offshore spotted—Manchado de altamar									
Northern—Norteño	8,870	13,058	16,324	15,427	3,414	15,940	31,309	67,989	51,685
Southern—Sureño	2,348	6,828	6,376	4,504	3,608	4,042	2,786	5,125	3,285
Spinner—Tornillo									
Eastern—Oriental	1,302	1,024	2,221	2,529	744	5,123	8,813	19,062	10,227
Unid./eastern ¹ —N.i./oriental ¹	158	84	40	77	1	910	40	464	131
N. whitebelly—Panza blanca del norte	563	1,322	1,723	1,729	1,637	1,366	2,421	6,485	3,562
Unid./N. whitebelly ² —N.i./p.b. del norte ²	111	103	92	41	3	130	227	319	32
S. whitebelly—Panza blanca del sur	638	6,707	4,597	1,946	2,697	5,636	4,331	4,238	2,432
Common—Común									
Northern—Norteño	4,161	1,060	2,629	989	845	0	0	13,289	8,216
Central	2,342	963	372	487	191	7,403	6,839	10,884	9,659
Southern—Sureño	94	188	348	28	0	6	304	134	6,759
Other dolphins—Otros delfines	880	633	367	1,347	353	156	1,777	5,185	3,200
Total	21,426	31,970	35,089	29,104	13,493	40,712	58,847	133,174	99,187

¹ Unid./eastern: Unidentified dolphins prorated as eastern spinners.¹ N.i./oriental: Delfines no identificados, prorrateados como tornillos orientales.² Unid./N. whitebelly: Unidentified dolphins prorated as northern whitebelly spinners.² N.i./p.b. del norte: Delfines no identificados, prorrateados como tornillos panza blanca del norte.

TABLE 31. Estimates of dolphin mortality, using MPT ratios.**TABLA 31.** Estimaciones de la mortalidad de delfines, usando razones de MPT.

Stock	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987
Offshore spotted—Manchado de altamar									
Northern—Norteño	8,978	12,964	15,593	14,781	2,925	13,820	30,169	65,297	56,573
Southern—Sureño	2,468	7,363	5,240	5,320	3,570	1,850	2,694	4,771	4,029
Spinner—Tornillo									
Eastern—Oriental	1,337	1,107	2,299	2,457	581	4,697	8,658	18,811	11,638
Unid./eastern ¹ —N.i./oriental ¹	164	90	42	76	1	848	38	457	147
N. whitebelly—Panza blanca del norte	621	1,358	1,677	1,701	1,670	1,251	2,459	6,200	3,988
Unid./N. whitebelly ² —N.i./p.b. del norte ²	113	106	89	39	2	122	215	308	35
S. whitebelly—Panza blanca del sur	667	7,320	4,567	2,262	2,597	3,241	4,787	3,782	2,910
Common—Común									
Northern—Norteño	4,012	1,160	2,424	1,345	1,230	0	0	13,286	8,190
Central	2,537	935	415	489	243	6,373	7,376	12,305	12,198
Southern—Sureño	244	238	511	42	0	4	300	237	9,616
Other dolphins—Otros delfines	862	651	356	1,333	285	107	1,706	4,951	3,577
Total	22,003	33,292	33,213	29,845	13,104	32,313	58,402	130,405	112,901

¹ Unid./eastern: Unidentified dolphins prorated as eastern spinners.¹ N.i./oriental: Delfines no identificados, prorratedos como tornillos orientales.² Unid./N. whitebelly: Unidentified dolphins prorated as northern whitebelly spinners.² N.i./p.b. del norte: Delfines no identificados, prorratedos como tornillos panza blanca del norte.

TABLE 32. Standard errors (bootstrap) of the mortality estimates, using MPS ratios.
TABLA 32. Errores estándar (bootstrap) de las estimaciones de mortalidad, usando razones de MPS.

Stock	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987
Offshore spotted—Manchado de altamar									
Northern—Norteño	1,540	1,520	2,683	1,723	603	2,847	3,220	7,780	4,764
Southern—Sureño	464	3,981	2,645	765	941	1,812	674	1,134	1,478
Spinner—Tornillo									
Eastern—Oriental	258	184	616	690	284	2,263	1,362	3,394	1,198
Unid./eastern ¹ —N.i./oriental ¹	99	34	18	54	1	861	20	258	45
N. whitebelly—Panza blanca del norte	73	316	463	722	654	593	441	1,808	1,012
Unid./N. whitebelly ² —N.i./p.b. del norte ²	50	34	42	22	2	146	107	151	11
S. whitebelly—Panza blanca del sur	239	3,223	1,402	411	812	3,723	1,826	1,653	1,225
Common—Común									
Northern—Norteño	1,432	438	645	495	349	0	0	5,107	4,954
Central	560	567	167	168	87	5,093	2,776	3,062	2,507
Southern—Sureño	115	140	230	16	0	3	247	111	3,323
Other dolphins—Otros delfines	204	217	76	512	171	72	570	1,722	1,140
Total	2,269	5,410	4,155	2,293	1,605	7,578	4,931	10,856	8,485

¹ Unid./eastern: Unidentified dolphins prorated as eastern spinners.

¹ N.i./oriental: Delfines no identificados, prorratedos como tornillos orientales.

² Unid./N. whitebelly: Unidentified dolphins prorated as northern whitebelly spinners.

² N.i./p.b. del norte: Delfines no identificados, prorratedos como tornillos panza blanca del norte.

TABLE 33. Standard errors (bootstrap) of the mortality estimates, using MPT ratios.**TABLA 33.** Errores estándar (bootstrap) de las estimaciones de mortalidad, usando razones de MPT.

Stock	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987
Offshore spotted—Manchado de altamar									
Northern—Norteño	1,502	1,282	2,037	1,653	575	3,015	2,765	6,238	5,016
Southern—Sureño	553	4,173	1,956	1,024	790	1,390	738	696	419
Spinner—Tornillo									
Eastern—Oriental	263	208	641	686	250	2,169	1,503	3,357	1,389
Unid./eastern ¹ —N.i./oriental ¹	106	37	19	55	1	797	19	253	51
N. whitebelly—Panza blanca del norte	97	298	379	705	657	536	431	1,633	1,206
Unid./N. whitebelly ² —N.i./p.b. del norte ²	52	34	42	21	2	137	103	147	12
S. whitebelly—Panza blanca del sur	269	3,853	2,340	603	684	2,684	2,411	1,601	544
Common—Común									
Northern—Norteño	1,383	466	515	683	621	0	0	4,402	5,135
Central	648	588	204	192	143	4,713	3,047	3,757	3,410
Southern—Sureño	195	183	468	22	0	3	267	332	5,033
Other dolphins—Otros delfines	197	222	76	523	135	51	545	1,618	1,270
Total	2,267	5,890	3,813	2,428	1,530	6,789	5,110	9,602	9,693

¹ Unid./eastern: Unidentified dolphins prorated as eastern spinners.¹ N.i./oriental: Delfines no identificados, prorrateados como tornillos orientales.² Unid./N. whitebelly: Unidentified dolphins prorated as northern whitebelly spinners.² N.i./p.b. del norte: Delfines no identificados, prorrateados como tornillos panza blanca del norte.

TABLE 34. Comparison of estimates of incidental dolphin mortality. The IWC Reports in which the various estimates appeared are as follows: AG, 31; HT, 33; HB, 36-38. The S or U, following MPS and MPT, indicate that the data were stratified or unstratified by flag. Estimates could not be obtained for 1983, except in the most recent reports, because of low sample sizes.

TABLA 34. Comparación de las estimaciones de mortalidad incidental de delfines. Los Informes de la CBI en los cuales aparecieron las varias estimaciones son las siguientes: AG, 31; HT, 33; HB, 36-38. La S o U agregada a MPS y MPT indica que los datos fueron estratificados (S) o no estratificados (U) por bandera. No se pudieron obtener estimaciones para 1983, excepto en los informes más recientes, debido al tamaño bajo de la muestra.

Report— Informe Method— Método	AG	HT	HT	HT	HT	HB	HB	HB	HB
		MPS,S	MPT,S	MPS,U	MPT,U	MPS,U	MPT,U	MPS,S	MPT,S
1979	23,595	22,908	20,454	22,641	22,149			21,467	22,003
1980	43,539	43,302	49,551	28,254	29,522			31,970	33,292
1981		46,628	35,036	28,425	28,450			35,089	33,213
1982		28,783	28,332	31,707	31,676			29,104	29,845
1983								13,493	13,104
1984						39,400	32,750	40,712	32,313
1985						56,710	56,602	58,847	58,402
1986						129,459	124,597	133,174	130,405
1987						98,383	111,933	99,187	112,901

TABLE 35. Comparison of standard errors of estimates of dolphin mortality. The symbols beside "Report" and "Method" are explained in Table 34.

TABLA 35. Comparación de los errores estándar de las estimaciones de la mortalidad de delfines. En la Tabla 34 se explican los símbolos en las líneas de "Informe" y "Método."

Report— Informe Method— Método	AG	HT	HT	HT	HT	HB	HB	HB	HB
		MPS,S	MPT,S	MPS,U	MPT,U	MPS,U	MPT,U	MPS,S	MPT,S
1979	2,834	2,724	2,639	3,021	2,967			2,269	2,267
1980	5,282	6,880	6,975	3,553	3,413			5,410	5,890
1981		20,595	9,890	3,397	2,836			4,155	3,813
1982		3,666	3,878	3,681	3,641			2,293	2,428
1983								1,605	1,530
1984						7,399	6,171	7,578	6,789
1985						4,436	4,460	4,931	5,110
1986						9,817	8,557	10,856	9,602
1987						8,383	9,373	8,485	9,693

TABLE 36. Preliminary 1988 estimates of the abundance of spotted, spinner, and common dolphins, in thousands. Separate estimates are given for the northern whitebelly and eastern stocks, and also for these two stocks when unidentified spinner dolphins are prorated between them.

TABLA 36. Estimaciones preliminares de la abundancia en 1988 de delfines manchados, tornillos, y comunes, en millares. Se presentan estimaciones separadas para los stocks oriental y panza blanca norteño, y también para estos dos stocks cuando se prorratan delfines tornillo no identificados entre ellos.

Species or stock	Number of sightings	Effective track half-width (nm)	Encounter rate (herds/1000 nm)	Average herd size	Number of herds	Number of dolphins
Especie o stock	Número de observaciones	Medio-ancho efectivo de la banda (mn)	Tasa de encuentro (manadas/1000 mn)	Tamaño medio de la manada	Número de manadas	Número de delfines
Spotted—Manchado						
N. offshore—Altamar del norte	1,636	3.24	7.39	573.2	4,325	2,479
S. offshore—Altamar del sur	20	3.85	2.75	301.5	335	101
Spinner—Tornillo						
Unidentified ¹ —No identificado ¹	939	3.20	4.99	364.5	3,049	1,111
Eastern—Oriental	600	3.50	3.09	541.0	1,005	544
Unid./eastern—N.i./oriental						677
N. whitebelly—Panza blanca del norte	140	3.64	2.67	313.8	1,112	349
Unid./N. whitebelly—N.i./p.b. del norte						434
S. whitebelly—Panza blanca del sur	20	3.07	1.62	403.5	307	124
Common—Común						
Northern—norteño	161	1.74	2.06	934.0	365	341
Central	167	1.84	0.88	510.2	526	268
Southern—sureño	42	3.05	2.67	674.3	369	249

¹Includes the northern whitebelly and eastern stocks, plus unidentified spinners.

¹Incluye los stocks panza blanca norteño y oriental, y tornillos no identificados.

TABLE 37. Estimated recruitment, in thousands of fish, of the X and Y cohorts, and of the X and Y cohorts combined. The initial estimates correspond to the numbers of fish at the beginning of the first quarter in the fishery. The average estimates correspond to the average numbers of fish alive during the first quarter in the fishery. The latter are the same as values used in Table 38.

TABLA 37. Reclutamiento estimado, en millares de peces, de las cohortes X e Y, y de las dos cohortes combinadas. Las estimaciones iniciales corresponden a las cantidades de peces al comienzo del primer trimestre en la pesquería. Las estimaciones medias corresponden al promedio de las cantidades de peces vivos durante el primer trimestre en la pesquería. Estos últimos son iguales a los valores usados en la Tabla 38.

Year— Año	Initial—Inicial			Average—Promedio		
	Y	X	Y + X	Y	X	Y + X
1967	17,237	22,354	39,591	15,170	20,259	35,429
1968	30,525	27,279	57,804	27,667	24,724	52,391
1969	18,600	20,336	38,936	16,850	18,423	35,273
1970	20,327	19,982	40,309	18,423	18,106	36,529
1971	23,243	26,543	49,786	21,055	24,050	45,105
1972	15,649	16,326	31,975	14,184	14,788	28,972
1973	25,968	21,256	47,224	23,535	19,260	42,795
1974	56,455	35,460	91,915	51,106	32,091	83,197
1975	21,723	26,064	47,787	19,672	23,598	43,270
1976	25,195	20,244	45,439	22,711	18,305	41,016
1977	22,665	20,348	43,013	20,476	18,356	38,832
1978	54,621	28,650	83,271	48,642	24,984	73,626
1979	32,208	34,581	66,789	28,414	30,699	59,113
1980	34,176	22,854	57,030	29,449	19,990	49,439
1981	32,294	26,945	59,239	28,681	23,559	52,240
1982	20,888	22,043	42,931	18,630	18,851	37,481
1983	31,486	31,558	63,044	27,913	28,292	56,205
1984	34,801	33,451	68,252	31,277	30,074	61,351
1985	31,174	27,600	58,774	28,143	24,979	53,122
1986	33,108	35,850	68,958	29,753	32,450	62,203
1987	36,654	45,195	81,849	33,013	38,720	71,733
1988	44,404	27,982	72,386	36,897	31,072	67,969
Average— Promedio	30,155	26,950	57,105	26,894	24,347	51,241

TABLE 38. Estimated numbers of fish in the population, in thousands, of the X and Y cohorts during the 1968 through 1988 seasons.**TABLA 38.** Tamaño estimado de la población, en millares de peces, de las cohortes X e Y durante las temporadas 1968 a 1988.

Season Temporada	Quarter Trimestre	Y					X + Y		X			
		IV	III	II	I	0	V+		IV	III	II	I
1968	1	50	704	2096	18364	0	54		104	3638	8266	24724
	2	33	482	1306	13050	0	54		61	2399	6135	20195
	3	24	360	943	8833	16849	54		33	1669	4572	16350
	4	20	292	739	6833	13777	54		27	1303	3636	13247
1969	1	218	539	5168	10881	0	47		908	2546	10448	18423
	2	152	340	3729	7390	0	47		550	1530	7961	14834
	3	124	240	2886	4926	18423	47		450	1078	6253	11721
	4	102	196	2360	3744	15083	47		369	881	5073	9221
1970	1	139	1755	2208	12004	0	150		653	3722	6273	18106
	2	90	1220	1120	8560	0	150		452	2572	3988	14611
	3	74	938	792	5991	21055	150		369	1992	3027	11527
	4	60	768	639	4623	17228	150		302	1631	2457	8867
1971	1	610	429	3312	13362	0	286		1285	1675	5951	24050
	2	499	271	2304	9571	0	286		1003	938	3835	19525
	3	409	210	1788	7176	14184	286		815	626	2873	15707
	4	335	169	1420	5647	11606	286		667	499	2278	12493
1972	1	104	732	4057	8779	0	281		174	1449	9437	14788
	2	60	294	2896	5665	0	281		35	792	6380	12040
	3	49	203	2270	3798	23535	281		24	566	4496	9760
	4	40	165	1809	2828	19254	281		20	457	3533	7921
1973	1	88	957	1706	15087	0	197		242	2531	6352	19260
	2	39	357	964	7656	0	197		102	1685	4854	15626
	3	30	213	706	3319	51106	197		72	1233	3695	12624
	4	25	167	569	2413	41535	197		58	988	2861	10218
1974	1	100	337	1775	31460	0	150		709	1556	8025	32091
	2	57	178	1292	17490	0	150		507	740	6164	25731
	3	44	133	1035	9380	19672	150		411	545	4847	20366
	4	36	101	833	6828	15684	150		333	419	3799	15923
1975	1	53	586	4750	11964	0	72		256	2446	11472	23598
	2	17	381	3294	8562	0	72		136	1417	7725	18632
	3	8	283	2477	6226	22711	72		91	1000	5571	14057
	4	7	228	1815	4851	17576	72		72	784	4273	10609
1976	1	169	1090	3568	11786	0	88		566	3136	7472	18305
	2	117	582	2318	6363	0	88		378	2214	4404	14672
	3	96	366	1540	3524	20476	88		271	1646	2710	11498
	4	78	229	1124	2259	16394	88		194	1268	2001	8732
1977	1	115	716	1470	12081	0	100		937	1395	6468	18356
	2	64	363	965	7447	0	100		698	761	4182	14660
	3	46	152	611	4361	48642	100		533	353	2456	11307
	4	37	58	410	2668	36799	100		417	191	1529	8440
1978	1	25	269	1697	23872	0	86		125	985	6170	24984
	2	13	180	1210	12730	0	86		91	687	4444	16851
	3	8	125	906	6899	28414	86		63	510	3229	10664
	4	6	75	657	4511	20642	86		41	375	2377	7130

TABLE 38. (continued)

TABLA 38. (continuación)

Season Temporada	Quarter Trimestre	Y				X+Y		X			
		IV	III	II	I	0	V+	IV	III	II	I
1979	1	38	432	2819	12867	0	100	243	1545	4672	30699
	2	21	284	1638	7072	0	100	156	901	3205	22911
	3	15	199	1068	4042	29449	100	114	593	2329	15623
	4	12	146	722	2510	20593	100	91	402	1677	10145
1980	1	96	427	1560	13645	0	80	229	1089	6498	19990
	2	64	261	1017	7932	0	80	140	714	4146	14033
	3	50	195	710	4705	28681	80	107	524	2871	9385
	4	41	142	485	3459	22220	80	82	380	2131	6792
1981	1	73	312	2463	15891	0	80	257	1525	4999	23559
	2	34	205	1714	9943	0	80	176	1110	3487	17598
	3	25	127	1214	5415	18630	80	129	819	2415	12878
	4	20	73	829	2897	13949	80	98	584	1681	8921
1982	1	41	553	1512	9579	0	80	423	968	6389	18851
	2	26	391	806	5815	0	80	324	512	5081	13296
	3	20	291	566	3729	27913	80	257	327	4066	9033
	4	16	207	413	2889	20429	80	199	212	3251	6462
1983	1	137	271	2244	14424	0	90	130	2605	5001	28292
	2	99	184	1710	9952	0	90	88	2101	3899	21731
	3	80	137	1269	6972	31277	90	67	1678	3056	16125
	4	65	90	790	5403	25050	90	50	1231	2423	12456
1984	1	50	482	4031	19663	0	100	890	1890	9917	30074
	2	29	332	2927	15187	0	100	695	1433	7903	22933
	3	20	215	2183	11500	28143	100	547	1071	6321	16625
	4	16	122	1547	8224	22910	100	432	727	4880	12242
1985	1	51	1006	5713	18531	0	150	421	3466	9411	24979
	2	12	607	3977	14656	0	150	223	2246	7313	20100
	3	3	383	2769	11508	29753	150	134	1378	5552	16015
	4	2	247	1879	8853	23759	150	93	802	4212	12464
1986	1	142	1090	5827	18764	0	150	435	3002	9059	32450
	2	85	567	3486	14532	0	150	231	1971	6650	26111
	3	59	314	2293	10788	33013	150	136	1255	5112	20734
	4	46	186	1602	7953	25522	150	93	797	3714	16349
1987	1	112	1074	5769	19144	0	100	494	2515	12081	38720
	2	71	658	3862	14456	0	100	308	1550	8523	29938
	3	52	368	2573	10964	36897	100	206	917	5935	21980
	4	41	208	1696	8458	27095	100	144	596	4089	15727
1988	1	116	1092	6297	18014	0	100	396	2997	10668	31072
	2	67	715	4041	10270	0	100	263	2252	6740	21899
	3	50	448	2441	5238	33137	100	189	1643	4235	14485
	4	0	293	1620	2859	26514	100	144	1213	2681	10320

TABLE 39. Age-specific coefficients of fishing mortality (F) of yellowfin obtained from biomass analyses.**TABLA 39.** Coeficientes de mortalidad por pesca (F) del aleta amarilla para cada edad, obtenidos de análisis de la biomasa.

Group Grupo	Period Período	Weight Peso	F	
			1977-1981	1985-1986
X	first quarter of first appearance in the fishery—primer trimestre de la primera aparición en la pesca	4.0 lbs (1.8 kg)	0.17	0.00
X	second and third quarters—segundo y tercer trimestre	5.6-8.0 lbs (2.5-3.6 kg)	0.72	0.10
X	fourth through eighth quarters—del cuarto al octavo trimestre	10.2-36.1 lbs (4.6-16.4 kg)	0.72	0.20
X	ninth quarter—novenio trimestre	45 lbs (20.4 kg)	0.72	0.70
X	all subsequent quarters—todos los trimestres subsiguientes	55.1-200 lbs (25.0-90.7 kg)	0.72	1.10
Y	first quarter—primer trimestre	4.0 lbs (1.8 kg)	0.20	0.08
Y	second through sixth quarters—del segundo al sexto trimestre	5.6-18.9 lbs (2.5-8.6 kg)	0.98	0.33
Y	seventh through tenth quarters—del séptimo al décimo trimestre	27.0-55.1 lbs (12.2-25.0 kg)	0.98	0.67
Y	all subsequent quarters—todos los trimestres subsiguientes	67-200 lbs (30.4-90.7 kg)	0.98	1.18

TABLE 40. Quotas, catches, and class-6 purse-seine catch per day's fishing (CPDF) for yellowfin in the eastern Pacific Ocean. The quotas and catches are in thousands of short tons and the CPDFs in short tons. The 1988 data are preliminary.

TABLA 40. Cuotas, capturas, y capturas de cerqueros de la clase 6 de arqueo por día de pesca (CPDP) de aleta amarilla en el Océano Pacífico oriental. Las cuotas y capturas se indican en millares de toneladas cortas y las CPDP se expresan en toneladas cortas. Los datos de 1988 son preliminares.

Year	Quota	Inside CYRA		Outside CYRA		Total catch
		Catch	CPDF	Catch	CPDF	
Año	Cuota	En el ARCAA		Zona fuera del ARCAA		Captura total
		Captura	CPDP	Captura	CPDP	
1967	84.5	90.1	?	0.0	—	90.1
1968	93	114.5	15.7	1.2	—	115.7
1969	120	126.9	16.1	19.2	20.6	146.1
1970	120	142.4	15.4	30.7	12.0	173.1
1971	140 + (2 × 10) ^a	113.9	9.8	22.8	10.5	136.6
1972	120 + (2 × 10)	152.9	15.5	44.8	12.7	197.7
1973	130 + (3 × 10)	178.0	12.7	49.5	11.9	227.5
1974	175 + (2 × 10)	191.6	10.0	41.0	10.3	232.6
1975	175 + (2 × 10)	176.0	8.1	47.7	12.2	223.8
1976	175 + (2 × 10)	210.5	9.5	50.8	12.7	261.3
1977	175 + (20 + 15)	202.4	7.9	17.8	9.5	220.2
1978	175 + (20 + 15)	184.0	6.6	16.0	9.5	200.0
1979	175 + (20 + 15)	195.0	5.8	15.2	8.2	210.2
1980	none—ninguna	146.5	4.8	29.6	8.8	176.1
1981	none—ninguna	174.7	6.0	26.5	7.8	201.2
1982	none—ninguna	118.7	4.8	20.1	8.7	138.8
1983	none—ninguna	91.4	5.7	13.5	6.8	104.9
1984	none—ninguna	142.3	9.5	18.2	11.5	160.5
1985	none—ninguna	216.2	12.9	24.1	18.7	240.3
1986	none—ninguna	252.9	16.8	42.7	22.2	295.6
1987	none—ninguna	275.8	13.7	26.6	17.2	304.9
1988	none—ninguna	295.4	13.4	21.6	15.1	313.1

^a “+ (2 × 10)” indicates two increments of 10 thousand tons each, which could be added to the quota at the discretion of the Director.

^a “+ (2 × 10)” indica los dos incrementos de 10 mil toneladas cada uno que se pueden agregar a la cuota a discreción del Director.

TABLE 41. Input for yield-per-recruit analysis of bluefin.

TABLA 41. Datos utilizados en el análisis del rendimiento por recluta del aleta azul.

Date	Length	Weight	Nat. mort.	Fish. mort. (annual)		Date	Length	Weight	Nat. mort.	Fish. mort. (annual)	
	(cm)	(kg)	(annual)	1st-year migrants	2nd-year migrants		(cm)	(kg)	(annual)	1st-year migrants	2nd-year migrants
Fecha	Longitud	Peso	Mort. nat.	Mort. por pesca (anual)		Fecha	Longitud	Peso	Mort. Nat.	Mort. por pesca (anual)	
	(cm)	(kg)	(annual)	Migrantes 1 ^{er} año	Migrantes 2 ^o año		(cm)	(kg)	(anual)	Migrantes 1 ^{er} año	Migrantes 2 ^o año
Mar. 1	0.00					May 1	80.36				
Apr. 1	3.81					Jun. 1	82.77	12.86	0.6		
May 1	7.57					Jul. 1	85.15	12.99	0.6	0.5	0.5
Jun. 1	11.26					Aug. 1	87.48	14.03	0.6	1.0	1.0
Jul. 1	14.87					Sep. 1	89.77	15.10	0.6	1.0	1.0
Aug. 1	18.43	0.07	0.6	0.5	0.5	Oct. 1	92.03	16.20	0.6	1.0	1.0
Sep. 1	21.93	0.13	0.6	1.0	1.0	Nov. 1	94.24	17.33	0.6	0.5	0.5
Oct. 1	25.36	0.22	0.6	1.0	1.0	Dec. 1	96.41	18.49	0.6		
Nov. 1	28.74	0.35	0.6	1.0	1.0	Jan. 1	98.55	19.67	0.6		
Dec. 1	32.05	0.52	0.6	1.0	1.0	Feb. 1	100.65	20.89	0.6		
Jan. 1	35.31	0.73	0.6	0.5	1.0	Mar. 1	102.71	22.12	0.6		
Feb. 1	38.51	1.00	0.6		1.0	Apr. 1	104.74	23.38	0.6		
Mar. 1	41.66	1.32	0.6		1.0	May 1	106.73	24.66	0.6		
Apr. 1	44.75	1.70	0.6		1.0	Jun. 1	108.69	25.97	0.6		
May 1	47.79	2.15	0.6		1.0	Jul. 1	110.61	27.29	0.6	0.5	0.5
Jun. 1	50.77	2.68	0.6		1.0	Aug. 1	112.50	28.63	0.6	1.0	1.0
Jul. 1	53.70	3.05	0.6	0.1	1.0	Sep. 1	114.36	30.14	0.6	1.0	1.0
Aug. 1	56.58	3.63	0.6	1.0	1.0	Oct. 1	116.18	31.36	0.6	1.0	1.0
Sep. 1	59.42	4.27	0.6	1.0	0.5	Nov. 1	117.97	32.74	0.6	0.5	0.5
Oct. 1	62.20	4.98	0.6	1.0		Dec. 1	119.73	34.14	0.6		
Nov. 1	64.93	5.75	0.6	0.5		Jan. 1	121.46	35.55	0.6		
Dec. 1	67.62	6.58	0.6			Feb. 1	123.16	36.97	0.6		
Jan. 1	70.25	7.47	0.6			Mar. 1	124.83	38.41	0.6		
Feb. 1	72.85	8.42	0.6			Apr. 1	126.47	39.85	0.6		
Mar. 1	75.39	9.44	0.6			May 1	128.09	41.30	0.6		
Apr. 1	77.90	10.52	0.6			Jun. 1	129.67	42.72	0.6		
		11.66	0.6			Jul. 1	131.22	44.22	0.6	0.5	0.5

TABLE 42. Annual catches of bigeye, in short tons, by all gear in the Pacific Ocean and by surface and longline gear in the eastern Pacific Ocean. The 1988 data are preliminary.

TABLA 42. Capturas anuales de patudo, en toneladas cortas, obtenidas por todas las artes en el Océano Pacífico y por pesca epipelágica y palangreros en el Océano Pacífico oriental. Los datos de 1988 son preliminares.

Year	Eastern Pacific Ocean		Total Pacific Ocean, all gear
	Surface	Longline	
Año	Océano Pacífico oriental		Total Océano Pacífico, todas las artes
	Pesca epipelágica	Pesca palangrera	
1954	303	2,187	
1955	129	2,459	
1956	44	3,271	
1957	75	13,175	
1958	256	14,389	
1959	165	16,231	
1960	202	25,562	
1961	235	72,942	
1962	362	63,503	
1963	83	89,677	
1964	75	56,889	92,900
1965	130	37,346	75,700
1966	294	42,175	85,000
1967	1,834	43,716	87,900
1968	2,821	43,072	73,900
1969	635	63,631	87,900
1970	1,469	40,519	83,800
1971	2,830	34,902	74,700
1972	2,468	43,006	98,000
1973	2,181	61,170	98,400
1974	980	48,669	98,533
1975	4,104	54,762	112,895
1976	11,229	61,348	139,500
1977	7,777	81,333	158,718
1978	12,911	82,015	129,986
1979	8,302	75,098	138,908
1980	16,998	78,928	133,931
1981	11,124		111,445
1982	4,524		119,919
1983	3,594		122,169
1984	6,453		114,143
1985	4,996		136,561
1986	2,182		165,359
1987	850		164,036
1988	868		

INFORME ANUAL DE LA COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL, 1988

INTRODUCCION

La Comisión Interamericana del Atún Tropical funciona bajo la autoridad y dirección de un convenio suscrito inicialmente por la República de Costa Rica y los Estados Unidos de América. El convenio, que rige desde 1950, permite la afiliación de otros gobiernos cuyos ciudadanos pescan atún en el Pacífico oriental tropical. Bajo estas disposiciones, se afilió Panamá en 1953, Ecuador en 1961, México en 1964, Canadá en 1968, Japón en 1970, y Francia y Nicaragua en 1973. Ecuador se retiró de la Comisión en 1968, México en 1978, Costa Rica en 1979, y Canadá en 1984.

Las principales obligaciones de la Comisión, según el Convenio, son (1) estudiar la biología de los atunes y especies afines en el Océano Pacífico oriental para determinar los efectos de la pesca y los factores naturales sobre su abundancia, y (2) recomendar medidas apropiadas de conservación para que los stocks de peces se puedan mantener a niveles que permitan capturas máximas sostenibles.

En 1976 se ampliaron las obligaciones de la Comisión al incluir los problemas ocasionados por la relación atún-delfín en el Océano Pacífico oriental. Los objetivos acordados en torno a esta cuestión son: "[1] mantener la producción atunera a un alto nivel; [2] mantener las poblaciones de delfines a niveles o sobre niveles que garanticen su supervivencia a perpetuidad; [3] trabajar en cuanto sea posible para evitar la muerte innecesaria o por descuido de los delfines en las maniobras de pesca." Las áreas específicas de participación serían: (1) investigación de la magnitud de las poblaciones y la mortalidad incidental por pesca mediante la recopilación de datos a bordo de embarcaciones atuneras de cerco; (2) realización de reconocimientos aéreos y marcado de delfines; (3) análisis de índices de abundancia de los delfines y realización de estudios simulados en computadora; y (4) investigación y entrenamiento sobre artes de pesca y comportamiento de los delfines.

Para cumplir estos objetivos, la Comisión debe efectuar una gran variedad de estudios en el mar, en los puertos donde se desembarca el atún, y en el laboratorio. Los estudios son realizados por un equipo permanente de investigadores contratados a nivel internacional por el Director, quién a su vez responde directamente ante los delegados de esta entidad. (Véase el Anexo 1).

El programa científico se encuentra en su XXXVIII año. Los resultados de las investigaciones son publicados en inglés y español, los dos idiomas oficiales, en la serie de boletines de la Comisión. La revisión anual de la administración y de las actividades de la Comisión se describen en un informe anual bilingüe. Se publican otros artículos en la serie de Informes Especiales de la Comisión, en libros, revistas científicas externas, y en publicaciones comerciales.

REUNION DE LA COMISION

La Comisión celebró su XLV Reunión en La Jolla, California, del 8 al 10 de marzo de 1988, bajo la presidencia del Ing. Armando R. Martínez Valdés (Panamá). Asistieron a la reunión representantes de todos los cinco gobiernos miembros, así como observadores de Colombia, Costa Rica, España, Guatemala, la República de China, Venezuela, y la Comisión Ballenera Internacional.

Se aprobó la siguiente agenda:

1. Apertura de la reunión
2. Aprobación de la agenda
3. Examen de la investigación atunera actual
4. El año pesquero 1987
5. Condición de los stocks de atunes
6. Examen del programa atún-delfín
7. Recomendaciones para 1988
8. Programa de investigación y presupuesto recomendado para el AF 1989-1990
9. Actualización de las labores referentes a las disposiciones para la administración de los túnidos en el Pacífico oriental
10. Fecha y sede de la próxima reunión
11. Nombramiento de funcionarios
12. Otros asuntos
13. Clausura

La Comisión tomó las siguientes medidas:

(1) El personal de la Comisión recomendó una cuota de captura para el aleta amarilla de 190,000 toneladas cortas para el año pesquero 1988, con dos incrementos facultativos de 30,000 toneladas cada uno, a implementar en caso de que se haya subestimado la abundancia del stock. Se explica la lógica de esta decisión en el Documento Fundamental N° 2 de la reunión, obtenible de la Comisión. La Comisión aprobó la siguiente resolución acerca de un programa de conservación del atún aleta amarilla para 1988:

La Comisión Interamericana del Atún Tropical, siendo responsable de la administración de túnidos y especies afines en el Océano Pacífico oriental, y habiendo mantenido desde 1950 un programa científico ininterrumpido dedicado al estudio de dichas especies,

Observa que el atún aleta amarilla del Pacífico oriental constituye un recurso que sostiene a una de las pesquerías atuneras de superficie más importantes del mundo, y

Reconoce, con base en la experiencia previa en esta pesquería, que existe la posibilidad de reducir la producción potencial del recurso si el esfuerzo de pesca es excesivo;

Tiene presente que el cumplimiento satisfactorio del programa de conservación entre 1966 y 1979 mantuvo los stocks de aleta amarilla a un elevado nivel de abundancia, y

Observa que de 1980 a 1986, a pesar de no haberse establecido un programa de conservación, los investigadores de la Comisión recomendaron medidas de conservación a los Delegados, quienes a su vez transmitieron estas recomendaciones a sus gobiernos respectivos, y

Observa además que no fue necesario limitar la captura en 1987, debido a la baja mortalidad por pesca en 1982, 1983, y 1984, junto con el reclutamiento elevado de 1984 y 1985, y la composición de tamaño favorable de las capturas de 1985 y 1986, factores que contribuyeron a una abundancia del stock muy elevada a fines de 1985 y principios de 1986;

Tomando en cuenta que las circunstancias de 1987 eran sin precedente, y no es de esperar que se repitan con frecuencia en el futuro,

Observa que, a niveles actuales de abundancia y de capacidad de la flota, sería posible sobreexplotar los stocks de aleta amarilla, y

Concluye que se debería limitar la captura del aleta amarilla en el año pesquero 1988.

La Comisión Interamericana del Atún Tropical, por lo tanto, recomienda a las Altas Partes Contratantes que al adoptarse un programa de conservación del aleta amarilla para 1988, se establezca una cuota anual para el año civil 1988 de 190,000 toneladas cortas para la captura total del atún aleta amarilla en el ARCAA, definido en la resolución aprobada por la Comisión el 17 de mayo de 1962, y

Recomienda además que se autorice al Director aumentar este límite por un máximo de dos incrementos de 30,000 toneladas cortas cada uno, si un análisis de los datos disponibles le lleva a la conclusión que un tal incremento no perjudicaría el stock de forma sustancial, y

Recomienda finalmente que todas las naciones miembros y demás naciones interesadas hagan lo posible por lograr el cumplimiento de un tal programa de conservación del aleta amarilla en 1988.

(2) La Comisión concordó sobre un presupuesto de \$3,525,000 para el año fiscal 1989-1990.

(3) La Comisión decidió celebrar su próxima reunión regular en París (Francia) del 17 al 19 de mayo de 1989.

(4) La Comisión eligió al Sr. Dominique Piney (Francia) y al Sr. Abelino Aróstegui Valladares (Nicaragua) como Presidente y Secretario, respectivamente, de la Comisión para 1989.

ADMINISTRACION

PRESUPUESTO

En la XLIII reunión, celebrada del 15 al 16 de octubre de 1985 en Tokyo (Japón), la Comisión aprobó unánimemente el presupuesto de \$3,303,192 presentado por el Director para el año fiscal 1987-1988. Sin embargo, la cantidad aportada por las naciones afiliadas en el año fiscal 1987-1988 fue de \$2,814,394 dólares, lo que equivale a una reducción de \$488,798 dólares respecto de la suma recomendada y aprobada. A consecuencia de esto, el Director tuvo que reducir algunas proyectos programados, entre ellos estudios del atún aleta azul, estudios biológicos de delfines, y estudios de campo en Achotines (Panamá).

INFORME FINANCIERO

La contabilidad de la Comisión para el año fiscal 1987-1988 fue revisada por Peat, Marwick, Mitchell and Co. En el Anexo 2 del presente documento se presentan las tablas compendiadas de dicho informe.

COLABORACION ENTRE ENTIDADES AFINES

Durante 1988 el equipo de investigadores continuó desarrollando vínculos estrechos con organizaciones de investigación en instituciones universitarias, gubernamentales, y privadas a nivel local, nacional, e internacional. Esta reciprocidad permite que los investigadores se mantengan al corriente de los avances y el desarrollo actual en la investigación pesquera y oceanográfica mundial. A continuación se describen algunos aspectos de dichas relaciones.

Las oficinas principales de la Comisión se encuentran en los terrenos de Scripps Institution of Oceanography en La Jolla, California, uno de los principales centros mundiales de ciencias marinas y sede de varias agencias federales y estatales de pesca, oceanografía, y ciencias auxiliares. Esta ubicación fomenta el contacto frecuente entre los investigadores de la CIAT y los científicos de estas entidades.

Durante el año se mantuvo la relación cordial y productiva con la Comisión Internacional para la Conservación del Atún Atlántico (CICAA), la Comisión Permanente del Pacífico Sur (CPPS), la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), la Organización Latinoamericana de Desarrollo Pesquero (OLDEPESCA), la South Pacific Commission (SPC), y otros organismos internacionales.

Durante 1988 la Comisión continuó su estrecha colaboración con agencias pesqueras de naciones afiliadas a la CIAT y con instituciones similares de diversos países no afiliados. Desde 1977 los investigadores de la CIAT han entrenado técnicos científicos para que recopilen, a bordo de barcos atuneros, datos sobre la abundancia, la mortalidad, y otros aspectos de la biología de los delfines. Diversas organizaciones gubernamentales e instituciones educativas, así como representantes del sector industrial, han colaborado activamente en el entrenamiento y embarque de estos técnicos. A través de los años, científicos y estudiantes de distintos países han visitado la oficina principal de la Comisión, permaneciendo durante varias semanas o meses, para aplicar a sus propios datos y material de trabajo los métodos que les enseñaron los científicos de la CIAT. En 1987, por ejemplo, un estudiante del École Nationale Supérieure Agronomique de Rennes, en Rennes (Francia), realizó un estudio de varios meses en el cual analizó información sobre los recursos atuneros en la zona de la Isla Clipperton. Los científicos de la CIAT que viajan a otros países por razones profesionales con frecuencia ayudan a los científicos de aquellos países con sus investigaciones relacionadas a la pesca del atún, y de vez en cuando viajan al extranjero con el propósito específico de prestar ayuda en tales programas investigativos. En 1988, por ejemplo, un científico de la CIAT ayudó con la planificación de un curso sobre el modelado de recursos naturales que se ofrecerá en el Centro de Investigación Científica y Estudios Superiores de Ensenada, en Ensenada (México), y que será abierto a estudiantes de todos los países latinoamericanos. Además, empleados del Fisheries Research Institute de New South Wales (Australia), el Far Seas Fisheries Research Laboratory y el Tokai Regional Fisheries Research Laboratory del Japón, y el Hawaii Institute for Marine Biology participaron en el muestreo para un estudio de los caracteres morfométricos y merísticos del atún aleta amarilla en diferentes partes del Océano Pacífico llevado a cabo por un científico de la CIAT.

El laboratorio de investigación de la CIAT en la República de Panamá, descrito en la sección titulada **Oficinas Regionales**, permite una colaboración más estrecha entre los investigadores de la CIAT y el personal de las agencias pesqueras panameñas. Los científicos de la Comisión en este laboratorio han podido asistir a los científicos locales a realizar proyectos de investigación fuera del campo de los túnidos, sobre los pargos, por ejemplo. Se han logrado importantes avances en este tema, que se analizan en la sección titulada **Laboratorio de Achotines**.

OFICINAS REGIONALES

La Comisión mantiene oficinas regionales en Manta (Ecuador); Terminal Island, California, y Mayaguez, Puerto Rico, (EE.UU); Ensenada (México); Panamá (República de Panamá); Coishco (Perú); y Cumaná (Venezuela). Los científicos y técnicos que trabajan allí recopilan estadísticas sobre los desembarcos, hacen resúmenes de las bitácoras de los barcos atuneros para obtener datos de captura y esfuerzo, miden peces y recopilan demás datos sobre su biología, y colaboran en el entrenamiento y colocación de técnicos científicos a bordo de barcos que participan en el programa atún-delfín de la Comisión. Este trabajo no sólo se lleva a cabo en los puertos arriba nombrados, sino que también se efectúa en otros puertos de Colombia, Costa Rica, Ecuador, México, Panamá, Perú, Puerto Rico, y Venezuela, mediante visitas periódicas del personal. Sin embargo, el personal de la Comisión no siempre desempeña todas estas labores en los países antes mencionados; en 1988, por ejemplo, las actividades relacionadas con el programa atún-delfín sólo se llevaron a cabo en Ecuador, México, Panamá, y Venezuela.

La Comisión mantiene además un laboratorio en la República de Panamá, situado en la Bahía de Achotines, al oeste de Punta Mala en la Península de Azuero. El laboratorio de Achotines se emplea principalmente para estudios sobre las primeras etapas del ciclo vital de los atunes. Estos estudios son muy importantes, ya que la adquisición de información sobre el ciclo vital de los atunes antes de su reclutamiento a la pesquería servirá para eliminar, en gran medida, la incertidumbre en las evaluaciones de la situación de los diversos stocks de estas especies. La Comisión piensa ampliar las instalaciones del laboratorio para poder acomodar a investigadores de otras agencias, como por ejemplo personal de la Dirección General de Recursos Marinos de Panamá, la Universidad de Panamá, etc.

PUBLICACIONES E INFORMES

La pronta y completa publicación de los resultados de investigación es uno de los elementos más importantes del programa científico de la Comisión. Por este medio los gobiernos miembros, la comunidad científica, y el público en general se mantienen informados de los resultados de las investigaciones realizadas por los científicos de la CIAT. La publicación de datos básicos, métodos de análisis, y las conclusiones resultantes permiten que otros investigadores evalúen y critiquen los estudios, lo que sirve para verificar la validez de los resultados logrados por el personal de la CIAT y, simultáneamente, sirve para despertar el interés de otros investigadores en dicha labor. A fines de 1988 el personal de la CIAT había publicado 126 Boletines, 37 Informes anuales, 6 Informes Especiales, 5 libros, y 336 capítulos y artículos en libros y revistas exteriores. Las publicaciones del equipo de investigadores, recibidas durante 1988, se señalan en el Anexo 3 del presente informe.

LA PESCA EN 1988

ESTADISTICAS DE CAPTURAS Y DESEMBARCOS

El área de interés principal para el personal de la CIAT es el Océano Pacífico oriental (OPO), definido como la zona entre el litoral de las Américas y 150°W.

Los datos estadísticos de las oficinas regionales de la Comisión se recopilan y procesan en forma ininterrumpida. Se dispone por lo tanto de estimaciones de estadísticas pesqueras de diversos grados de exactitud y precisión. Se puede tardar un año o más en obtener cierta información definitiva, y se ha estado actualizando los datos de años anteriores; por lo tanto las estadísticas anuales aquí presentadas son las más actuales, y reemplazan a aquellas publicadas anteriormente. Los tonelajes se expresan en toneladas cortas.

En la Tabla 1 se presenta la estimación anual de la captura de distintas especies de atunes y peces afines desembarcadas por barcos que pescan aleta amarilla (*Thunnus albacares*), barrilete (*Katsuwonus pelamis*), o aleta azul (*Thunnus thynnus*) en el Área de Regulación de la Comisión para el Aleta Amarilla (ARCAA) (Figura 1) durante todo o parte del año, correspondientes al período 1961–1988. La tabla contiene sólo datos sobre la captura de la pesca epipelágica, con la excepción de datos de la captura de aleta amarilla en el ARCAA por barcos palangreros japoneses. Los datos de captura de aleta amarilla en el ARCAA y de barrilete y aleta azul en el OPO están casi completos, salvo las cantidades mínimas de las tres especies capturadas por barcos de pesca deportiva y artesanal, y las capturas insignificativas de barrilete y aleta azul logradas por la pesca palangrera. Los datos de captura del Océano Pacífico occidental y el Océano Atlántico señalados en la Tabla 1 no son estimaciones de la captura total de estas especies puesto que no incluyen datos de embarcaciones que no pescaron en el ARCAA durante el año en cuestión. La Tabla 1 tampoco incluye grandes

cantidades de patudo, *Thunnus obesus*, capturado por la pesca palangrera en el Pacífico oriental; esos datos se señalan en la Tabla 42.

La pesca de atunes en el OPO no fue restringida entre 1979 y 1987, y por lo tanto se comparan las estadísticas de 1988 con aquellas de 1979–1987. Durante este período ocurrió un importante evento de El Niño, que comenzó hacia fines de 1982 y persistió hasta fines de 1983. Las tasas de captura en el OPO fueron bajas durante este fenómeno, lo cual causó un traslado del esfuerzo de pesca del Pacífico oriental al occidental, y el esfuerzo permaneció bastante bajo durante 1984–1986.

La captura media de aleta amarilla en el ARCAA en el período 1979–1987 fue 179.2 mil toneladas (rango: 91.4 a 272.9; mediana: 174.7). La estimación preliminar de la captura de aleta amarilla en el ARCAA en 1988 es de 295.4 mil toneladas, la mayor captura de esta especie jamás lograda en esta zona, batiendo el récord anterior, establecido en 1987, por 20.5 mil toneladas. Durante 1979–1987 la captura media de aleta amarilla en el área entre el límite del ARCAA y 150°W fue 24.1 mil toneladas (rango: 13.5 a 42.7; mediana 24.1). La estimación preliminar de la captura de aleta amarilla en este área en 1988 es de 21.6 mil toneladas, cantidad inferior a las capturas de 1985–1987, pero superior a las de 1982–1984. La mayor captura de este área fue 50.8 mil toneladas en 1976. La captura estimada de aleta amarilla en el OPO en 1988, 317.1 mil toneladas, establece un nuevo récord, batiendo el anterior, logrado en 1987, por 15.6 mil toneladas.

En la Figura 2 se presenta la distribución anual media de las capturas cerqueras registradas de aleta amarilla en el OPO durante 1979–1987, y en la Figura 3 una estimación preliminar para 1988. A medida que cambian las condiciones de pesca a lo largo del año, cambian las zonas de capturas mayores. Durante el primer trimestre de 1988, la captura de aleta amarilla fue restringida generalmente al ARCAA, principalmente en las zonas costeras. Durante el segundo trimestre disminuyeron las capturas en estas zonas, aunque se observaron zonas de capturas grandes cerca de la costa entre 18°N y 23°N, y aumentaron las capturas de alta mar entre 6°N y 12°N desde 88°W hasta 94°W, y entre 13°N y 19°N desde 110°W hasta 122°W. Las capturas del tercer trimestre estuvieron distribuidas uniformemente entre 2°N y 12°N desde 84°W hasta 110°W, con zonas de capturas altas cerca del litoral y alrededor de 100°W, entre 8°N y 12°N. También incrementaron las capturas frente a la costa de América del Sur en la zona entre 4°S y 1°N al este de 87°W. Durante el cuarto trimestre la pesca más importante de aleta amarilla se trasladó mar afuera a la zona comprendida entre 110°W y 115°W alrededor del paralelo 12°N, pero las capturas permanecieron ampliamente distribuidas en la zona entre 6°N y 14°N desde 96°W hasta 120°W.

Entre 1979 y 1987 la captura media de barrilete en el OPO fue 94.9 mil toneladas (rango: 54.5 a 145.5; mediana: 70.0). La estimación preliminar de la captura de barrilete en el OPO en 1988 es 94.4 mil toneladas, la mayor cantidad capturada desde 1982, pero inferior a las capturas de 1979–1982. Este aumento en la captura de barrilete, comparado con años recientes, resulta de un traslado del esfuerzo de pesca de aletas amarillas asociados con delfines a otros tipos de cardúmen, por ejemplo, aquellos asociados con objetos flotantes, que consisten principalmente de barriletes y aleta amarillas pequeños.

En la Figura 4 se presenta la distribución media anual de las capturas cerqueras de barrilete en el OPO en 1979–1987. En 1988 las capturas de barrilete estuvieron concentradas en tres áreas: en una franja entre la costa y 98°W desde 4°N hasta 10°N; cerca del litoral mexicano entre 23°N y 25°N; y en altamar entre 13°N y 19°N desde 113°W hasta 121°W (Figura 5).

El aleta amarilla y barrilete forman la mayor parte de la captura total del OPO, pero el aleta azul, patudo, albacora (*Thunnus alalunga*), barrilete negro (*Euthynnus lineatus*), bonito (*Sarda orientalis*), y otras especies contribuyen también. La captura total de estas otras especies en el OPO fue de unas 17.0 mil toneladas en 1988, comparado con el promedio de 1979–1987 de 17.2 mil toneladas (rango: 8.2 a 32.8; mediana: 15.3). La captura estimada de todas especies en el OPO en 1988 fue de unas 428.4 mil toneladas, cantidad superada solamente una vez, en 1976, cuando se capturaron 435.4 mil toneladas en el OPO.

Barcos atuneros que pescan en el OPO pescan de vez en cuando en otras zonas en el mismo año. En 1988 barcos que formaban parte de la flota del Pacífico oriental pescaron también en el Pacífico occidental y/o en el Atlántico y Caribe. En 1979–1987 la captura media lograda por estos barcos en el Pacífico occidental fue unas 19.1 mil toneladas (rango: 4.8 a 83.6; mediana: 9.7), y en el Atlántico y Caribe unas 9.9 mil toneladas (rango 2.9 a 17.3; mediana 9.8). Las capturas máximas logradas en otras zonas por barcos de la flota del Pacífico oriental fueron logradas en 1983, año en el cual se registró la captura más baja en el OPO (181 mil toneladas) desde 1960. Las estimaciones preliminares indican que las capturas totales de 1988 en esas zonas por barcos de la flota del Pacífico oriental se cifraron en unas 3.7 mil toneladas en el Pacífico occidental y 0.5 mil toneladas en el Atlántico y Caribe.

En las Tablas 2 y 3 se presentan las estimaciones de las capturas, clasificadas por bandera, y de los descargues, clasificados por país, de atunes en el OPO. Las cifras de 1987 son finales, y las de 1988 preliminares. Los descargues representan pescado descargado en el año civil, sin tener en cuenta el año en que fue capturado. El país de descargue es aquel en el cual se descargó el pescado del barco, o en el caso de trasbordos, el país que recibió el pescado trasbordado.

De la captura total de aleta amarilla del OPO en 1987 (301.5 mil toneladas) el 91% fue capturado en el ARCAA; barcos mexicanos, estadounidenses, venezolanos, y ecuatorianos tomaron el 36%, 35%, 14%, y 6% de la captura, respectivamente. Barcos estadounidenses tomaron el 52% de la captura de la zona exterior, y barcos mexicanos un 41%. En 1988 se logró el 93% de la captura total del OPO de 317.1 mil toneladas de aleta amarilla dentro del ARCAA. Barcos mexicanos, estadounidenses, venezolanos, y ecuatorianos fueron responsables del 36%, 29%, 15%, y 10%, respectivamente, de la captura del ARCAA; barcos estadounidenses tomaron el 58%, y los mexicanos el 39%, de la captura de la zona exterior.

Se descargan más atunes capturados por la flota del Pacífico oriental en los Estados Unidos que en cualquier otro país (Tabla 3). De las 436.3 mil toneladas descargadas en 1988, 161 mil toneladas (37%) fueron descargadas allí, seguido por México (73 mil toneladas; 17%) y Ecuador (53 mil toneladas; 12%). Otros países con descargues significativos de atunes capturados en el OPO incluyeron Italia, Japón, Panamá, y Venezuela. Una vez se disponga de información final, es posible que se asignen algunos descargues a diferentes países, debido a la exportación de pescado almacenado a plantas procesadores en otros países.

Bajo las estipulaciones del Convenio que estableció la Comisión Interamericana del Atún Tropical, el objetivo principal de las investigaciones de la Comisión es vigilar la condición de los stocks de atunes y otras especies capturadas por la pesca atunera del OPO. Tomando en cuenta las migraciones de los atunes, la movilidad de los barcos de las flotas atuneras de varios países, y el carácter internacional del comercio del atún, las estadísticas de captura y esfuerzo del Pacífico oriental deben ser vistas en la luz de las estadísticas mundiales. El personal de la CIAT estima rutinariamente las capturas mundiales de los atunes y especies afines. En el Informe Interno N° 11 de la CIAT se describen los métodos utilizados para obtener estas estimaciones. En las Figuras 6 y 7 se presentan las capturas mundiales estimadas de atunes y especies afines en 1987, el año más reciente para el cual se dispone de datos. En la Figura 8 se ilustran las capturas de las principales especies comerciales de atunes en 1975–1987, por océano.

LA FLOTA ATUNERA DEL PACIFICO ORIENTAL

El personal de la CIAT mantiene registros del arte de pesca, bandera, y capacidad de acarreo de la mayoría de los barcos que pescan atunes aleta amarilla, barrilete, o aleta azul en el Océano Pacífico al este de 150°W (OPO). No se mantienen registros de los barcos palangreros de bandera de países de Lejano Oriente, ni de barcos de pesca deportiva ni embarcaciones pequeñas tales como

canoas y lanchas. La flota del Pacífico oriental aquí descrita incluye barcos que pescaron aleta amarilla, barrilete, o aleta azul en el OPO durante el año entero o parte del mismo.

Se usan las estimaciones de capacidad del armador o constructor del barco a menos de que los registros de descargue indiquen que sea apropiado revisarlos. Para los registros se dividen los barcos por capacidad de acarreo en las siguientes clases de tamaño: Clase 1, menos de 51 toneladas cortas; Clase 2, 51–100 toneladas; Clase 3, 101–200 toneladas; Clase 4, 201–300 toneladas; Clase 5, 301–400 toneladas; y Clase 6, más de 400 toneladas. (No se deben confundir éstas clases con los ocho grupos de tamaño usados para calcular la captura por tonelada de capacidad de acarreo en la sección titulada ***Captura por tonelada de capacidad de acarreo.***) Con la excepción de los palangreros y las embarcaciones pequeñas misceláneas descritas en el párrafo anterior, se incluyen todos los barcos que pescaron en el OPO durante el año en las estimaciones anuales del tamaño de la flota epipelágica.

Hasta 1960 predominaron en la pesca de atunes en el OPO los barcos de carnada, que operaban en las zonas costeras y cerca de islas de altamar. Hacia fines de los años 50 y a principios de los 60, se convirtió la mayoría de los barcos de carnada grandes a cerqueros, y en 1961 formaban éstos la mayor parte de la flota epipelágica del OPO. Entre 1950 y 1988 el número de barcos de carnada se redujo de unos 200 a 35, y la capacidad disminuyó de unas 40 mil a unas 3 mil toneladas. En el mismo período el número de cerqueros aumentó de unos 70 a 180, y la capacidad subió de unas 8 mil a casi 150 mil toneladas. Tanto el número como la capacidad alcanzaron un máximo durante 1978–1981, cuando el número de barcos osciló entre 247 y 268, y la capacidad entre 181 y 185 mil toneladas (Tabla 4).

La construcción de nuevos cerqueros de mayor tamaño, que comenzó a mediados de los años 60, resultó en un aumento en la capacidad de la flota de 46.3 mil toneladas en 1966 a 184.6 mil toneladas en 1976. Entre 1977 y 1981 la capacidad permaneció bastante estable, aumentando en tan sólo unas 2.6 mil toneladas. Se prosiguió la construcción de barcos nuevos durante este período, pero la capacidad adicional se vió compensada por pérdidas ocasionadas por barcos que se hundieron o que abandonaron la pesquería. En 1982 ocurrió una reducción de 16.2 mil toneladas en la capacidad de la flota, debido al retiro de barcos o a su traslado a otras zonas de pesca, principalmente el Pacífico occidental. Esta tendencia continuó en 1983 a medida que disminuyeron las tasas de captura en el OPO, principalmente a raíz de las condiciones oceánicas anómalas de 1982–1983. En 1983 la capacidad de la flota se redujo en 28.8 mil toneladas, y en 1984 se redujo en 25.4 mil toneladas más; en aquel año alcanzó el nivel más bajo desde 1971, unas 116.5 mil toneladas. No obstante, en 1985 aumentó a unas 129.7 mil toneladas, debido principalmente al regreso de barcos del Pacífico occidental, pero en 1986 se redujo de nuevo a unas 124.5 mil toneladas. Durante 1987 se reactivaron varios barcos, y otros regresaron del Pacífico occidental al OPO a pescar, lo cual resultó en un aumento en la capacidad de la flota a unas 146.0 mil toneladas. Esta tendencia continuó en 1988, resultando en una capacidad estimada de la flota de 151.1 mil toneladas, la mayor observada desde 1982 (Tabla 4).

En las Tablas 5 y 6 se presentan los datos finales de 1987 y preliminares de 1988 sobre número y capacidad de acarreo de barcos de arte epipelágica en la flota del OPO, clasificados por bandera, arte, y clase de tamaño. Predominaron en ambos años barcos de bandera mexicana, estadounidense, y venezolana, que juntos formaron un 85% de la capacidad total de la flota. La flota mayor fue la mexicana, con el 37% de la capacidad total en 1987 y el 36% en 1988, seguida por la estadounidense (29%, ambos años) y la venezolana (20%, ambos años). La mayoría de la capacidad total de la flota del OPO consiste de embarcaciones cerqueras de más de 400 toneladas de capacidad de acarreo. En 1987 y 1988 el 93% de la capacidad total que operó en el OPO en 1988 consistió de barcos de este tipo.

El personal de la CIAT calcula estimaciones semanales del tonelaje de capacidad en el mar (CEM). En la Figura 9 se presentan los valores medios, mínimos, y máximos mensuales de la CEM en el OPO durante 1979–1987, y los valores de la CEM de 1988. Los valores mensuales son los promedios

de los valores semanales. Se escogieron los valores de 1979–1987 para comparar con los de 1988 porque los años anteriores, en los cuales regían reglamentaciones, muestran distribuciones temporales del esfuerzo algo diferentes, a raíz de la restricción de la pesca del aleta amarilla en el ARCAA. Los valores de la CEM de 1988 no son significativamente diferentes a los valores medios de 1979–1987. La CEM máxima de 1988 ocurrió en marzo (97.4 mil toneladas), y la mínima en diciembre (64.0 mil toneladas).

REGLAMENTACION DE LA PESQUERIA

En años anteriores, los investigadores de la CIAT han recomendado el establecimiento de cuotas de captura del atún aleta amarilla en el ARCAA, las que han sido aprobadas en las resoluciones de la Comisión y puestas en práctica por las naciones que participan en la pesquería. Entre 1966 y 1979 se aprobaron y pusieron en vigor cuotas anuales, pero se llegó a un acuerdo sobre una cuota para 1979 tan tarde que ésta no tuvo efecto. En la VII Reunión de la CIAT, celebrada en octubre de 1979, no se llegó a un acuerdo sobre el programa de conservación del atún aleta amarilla para 1980. Posteriormente se acordó una cuota de 165,000 toneladas cortas, con una cláusula que autorizaba un aumento a discreción del Director de la CIAT; sin embargo, la cuota no entró en vigencia. En las próximas seis reuniones, el personal de la CIAT recomendó cuotas de 160,000 toneladas en 1981 y 1982, 170,000 toneladas en 1983, 162,000 toneladas en 1984, 174,000 toneladas en 1985, y 175,000 toneladas en 1986, con incrementos facultativos a discreción del Director, con base en los resultados de los análisis de la condición del stock efectuados por los investigadores. Dichas cuotas fueron aprobadas pero no entraron en vigencia. En la XLIV Reunión no se recomendó una cuota para 1987, debido a circunstancias especiales que resultaron en una abundancia extraordinariamente elevada de aleta amarilla en el Pacífico oriental, pero se hizo hincapié en que una cuota de captura sería muy probablemente necesaria en el futuro. En la XLV Reunión, celebrada en marzo de 1988, se recomendó una cuota de 190 mil toneladas, con dos incrementos facultativos de 30 mil toneladas cada uno. Se aprobó esta cuota (véase la resolución en las páginas 206–207), pero no se puso en vigor.

No se ha demostrado, hasta la fecha, la necesidad de aplicar medidas de conservación a otras especies de túnidos explotados por la pesca en el Océano Pacífico oriental (OPO).

LA INVESTIGACION EN 1988

BIOLOGIA DE LOS TUNIDOS

Tendencias anuales en la captura por unidad de esfuerzo (CPUE)

Los investigadores de la Comisión emplean la captura por día de pesca (CPDP) y la captura por día estándar de pesca (CPDEP) como índices de abundancia aparente y también como una medida general del éxito de la pesca. Los datos se obtienen de los registros de bitácora de la mayoría de las embarcaciones que pescan atún en el Océano Pacífico oriental. Los datos que no se ajustan a ciertos criterios de exactitud y composición de las especies se eliminan del análisis antes de realizar los cálculos. Durante los años 50, cuando la mayor parte de la captura era lograda por barcos de carnada, los datos de captura y de la CPDP de los barcos de carnada de diferentes clases de arqueos se normalizaban para calcular la CPDEP para barcos de carnada de la Clase 4 de arqueos (embarcaciones con capacidad de 201–300 toneladas cortas de atún congelado). Posteriormente, cuando la mayor parte de las embarcaciones fueron adaptadas a la pesca con red de cerco, los datos de captura y

de CPDP de los barcos cerqueros se normalizaron para calcular la CPDEP para cerqueros de la clase 3 de arqueo (embarcaciones de 101 a 200 toneladas cortas de capacidad). A medida que se reemplazaban los barcos pequeños por embarcaciones más grandes, se comenzó a calcular la CPDEP para cerqueros de la clase 6 de arqueo (embarcaciones con más de 400 toneladas cortas de capacidad) y finalmente se calculó la CPDP para cerqueros de la clase 6 de arqueo, omitiendo datos correspondientes a barcos más pequeños. La CPDP y la CPDEP pueden verse afectadas por ciertos factores, tales como los cambios temporales y geográficos en la estrategia pesquera, la distribución del esfuerzo, y la vulnerabilidad de los peces con respecto a la captura. Algunos de estos cambios pueden calcularse, haciendo los ajustes correspondientes, suponiendo que otros, tales como los provocados por condiciones ambientales, se compensan a la larga.

Los datos combinados de la CPUE de aleta amarilla y barrilete durante el período 1959–1988 se señalan en el recuadro superior de la Figura 10. Los datos del período 1968–1988 son datos de la CPDP de barcos cerqueros de la clase 6 de arqueo. Los del período 1959–1967 son datos de la CPDEP de barcos de carnada de la clase 4 de arqueo, multiplicados por 2.82; este ajuste es una compensación por el hecho de que los cerqueros de la clase 6 de arqueo son aproximadamente 2.82 veces más eficientes que los barcos de carnada de la clase 4 de arqueo. El factor de ajuste de 2.82 se calculó a partir de datos combinados de la CPDP de aleta amarilla y barrilete de cerqueros de la clase 6 de arqueo y barcos de carnada de la clase 4 de arqueo que pescaron en el mismo estrato de tiempo y zona entre 1965 y 1974, período en que una cantidad suficiente de ambos tipos de barcos se dedicaron a esta pesquería. Puesto que los datos del período 1968–1988 corresponden a la clase 6 de arqueo y los del período 1959–1967 fueron ajustados al equivalente de la CPDP para embarcaciones de la clase 6 de arqueo, de ahora en adelante se denominarán datos de la CPDP.

Para estimar el esfuerzo total en días cerqueros de embarcaciones de la clase 6 de arqueo, las capturas totales y combinadas de aleta amarilla y barrilete obtenidas al este de 150°W en viajes no regulados durante cada año se dividieron por la CPDP de ambas especies obtenidas en viajes no regulados. A continuación se dividieron las capturas totales de aleta amarilla y de barrilete por estas estimaciones del esfuerzo total para obtener la CPDP de cada especie. Los datos correspondientes se señalan en el recuadro central y en el recuadro inferior de la Figura 10.

Aleta amarilla

El valor preliminar de la CPDP en 1988, 14.0 toneladas/día, es igual a aquel de 1987, e inferior tan sólo a los de 1960, 1968, y 1986 (14.2, 14.3, y 16.3 toneladas/día, respectivamente). Durante el período 1959–1972 la CPDP osciló entre 9 y 14 toneladas/día, alcanzando valores mínimos en 1959, 1962, y 1971, y máximos en 1960, 1968, y 1969. A partir de 1973 la CPDP comenzó a disminuir, llegando a un valor mínimo de 4.9 toneladas en 1982, momento a partir del cual comenzó a recuperarse notablemente. Sin embargo, la pesquería ha cambiado mucho desde los años 60, por lo que se debe proceder con cautela al comparar datos de años precedentes con los de años más recientes. El principal problema se debe al hecho de que la pesca con barcos de carnada opera relativamente cerca de la costa y casi exclusivamente al norte de 15°N, mientras que la pesca cerquera es tanto costera como de altura y opera hasta aproximadamente 20°S. Los valores de la Figura 10 difieren ligeramente de los promedios ponderados de los valores de la CPDP del interior y exterior del ARCAA señalados en la Tabla 40 porque los valores de la figura se obtuvieron a partir de datos de capturas totales de aleta amarilla y barrilete, mientras que los datos de la tabla corresponden exclusivamente a datos de captura de aleta amarilla.

Barrilete

Durante el período 1959–1968 la CPDP de barrilete alcanzó un promedio de aproximadamente 10.0 toneladas diarias, con un promedio máximo de 16.0 toneladas en 1967 y un promedio mínimo de 5.5 toneladas en 1960 (Figura 10). A fines de la década de 1960 muchos cerqueros

pequeños fueron reemplazados por otros más grandes, para los cuales es más productivo pescar en zonas con mayor abundancia de aleta amarilla y menor abundancia de barrilete, produciéndose así valores reducidos de la CPDP de barrilete. Durante el período 1969–1988, el promedio diario de la CPDP fue de 4.1 toneladas, con un promedio máximo de 7.5 toneladas en 1978 y promedios mínimos de 2.4 toneladas en 1972 y 1973. Al igual que en el caso del aleta amarilla, se debe proceder con cautela al comparar datos más antiguos con datos más recientes. Además del probable sesgo causado por el hecho de que, en años recientes, el esfuerzo se dirigió en mayor medida a la pesca de aleta amarilla y en menor medida a la pesca de barrilete, se debe considerar el problema creado por la región restringida de la pesca con carnada, señalado en la sección sobre aleta amarilla.

Captura por tonelada de capacidad de acarreo

La captura por tonelada de capacidad de acarreo (CPTCA) de la flota en el OPO proporciona un índice de las tendencias en el ingreso anual bruto relativo correspondiente a las varias clases de arqueo. Para lograr más detalle en este índice de lo que proporcionan las seis clases de arqueo usadas anteriormente por la Comisión para clasificar los barcos, se identificaron las clases de arqueo siguientes: 1) <301 toneladas; 2) 301–400 toneladas; 3) 401–600 toneladas; 4) 601–800 toneladas; 5) 801–1000 toneladas; 6) 1001–1200 toneladas; 7) 1201–1400 toneladas; y 8) >1400 toneladas.

En la Tabla 7 se presentan las estimaciones del CPTCA para el OPO y para todas las zonas pesqueras oceánicas en las cuales barcos de la flota del OPO capturaron pescado, por clase de arqueo, zona, y especie. La CPTCA de los barcos mayores consiste principalmente de aleta amarilla y barrilete, mientras que otras especies, entre ellas otros atunes y peces misceláneos, forman una parte importante de la CPTCA de los barcos más pequeños en muchos años. En años anteriores, y en aquellos años cuando la mayoría de la flota del OPO ejerce la mayoría de su esfuerzo pesquero dentro del OPO, las CPTCA del OPO y de todas las zonas pesqueras oceánicas son casi iguales. Durante el período 1974–1986, el promedio de la CPTCA combinada de todos barcos y todas especies en el OPO fue 2.1 toneladas de pescado por tonelada de capacidad de acarreo (rango: 1.2 a 3.0); para el aleta amarilla, el promedio fue 1.4 toneladas (rango: 0.7 a 2.4), y para el barrilete, 0.6 toneladas (rango: 0.4 a 1.0). Las estimaciones preliminares para 1988 son 2.7, 2.1, y 0.6 toneladas para todas las especies, aleta amarilla, y barrilete, respectivamente.

Estandarización de las tasas de captura del aleta amarilla

En el Boletín de la CIAT, Vol. 19, N° 3 se describe una alternativa a la captura por día de pesca como índice de la abundancia anual relativa del aleta amarilla. Con el índice alternativo se define cada observación de la tasa de captura como el tonelaje capturado en un lance dividido por las horas de búsqueda desde el lance anterior. Para estimar la abundancia media para el año y el Océano Pacífico oriental enteros se ponderan los datos de tal forma que cada cuadrángulo de 5°-mes recibe una ponderación proporcional al área superficial de océano que contiene y cada hora de búsqueda recibe igual ponderación dentro de un cuadrángulo de 5°-mes. Se utiliza entonces un modelo lineal generalizado para estimar la variación anual en las tasa de captura independiente de las tendencias en la eficacia del barco, las condiciones ambientales, y los métodos de pesca.

Existen datos sobre muchos factores que podrían posiblemente influir sobre las tasas de captura del aleta amarilla. Se investigaron los factores siguientes, utilizando datos de 1970–1988: la capacidad y velocidad del barco, si el barco llevaba o no un helicóptero, si llevaba o no equipo sonar, la longitud y profundidad de la red, el capitán, la temperatura de la superficie del mar, la velocidad y dirección del viento, el lugar y hora de la pesca, el tipo de lance (cardumen puro, delfín, o objeto flotante), y si se capturó también barrilete. Una vez eliminados aquellos factores que no ejercían un efecto importante, el modelo incluía los efectos de año, velocidad del barco, clasificación de la búsqueda, temporada-área, y la interacción entre clasificación de búsqueda y temporada-área. La

clasificación de búsqueda (Tabla 8) es una combinación de los efectos del tipo de lance y del barrilete. En la Figura 11 se describe temporada-área. Los efectos de año son las diferencias anuales en las tasas de captura no atribuibles a las demás variables en el modelo. Sirven de índices de abundancia estandarizados por las demás variables.

Tal como se muestra en la Figura 12, la tendencia de los índices es al mismo tiempo diferente y similar a la CPDP. Los índices del modelo lineal no muestran las grandes fluctuaciones de 1970–1974 que muestra la CPDP; sin embargo, ambos muestran una reducción precipitada en 1975 y una recuperación marcada en 1976. La reducción en 1976–1982 y el aumento de 1983–1986 son más paulatinos en los índices del modelo lineal. Parece que cuando se cambia de lances sobre delfines a lances sobre objetos flotantes, tal como hizo la flota en 1974–1982, la CPDP subestima la abundancia del aleta amarilla, mientras que la sobreestima cuando vuelva a cambiar a lances sobre delfines, tal como ocurrió durante 1984–1988.

A partir de principios de 1988, se ha instalado en muchas embarcaciones cerqueras un “radar de pájaros” (banda S). Con este aparato es posible detectar bandadas de aves, y por consiguiente los peces asociados, con una precisión y a distancias mucho mayores que anteriormente. Esto pudiera sesgar por exceso las estimaciones de la abundancia del aleta amarilla en 1988. Por lo tanto, el personal de la CIAT está recolectando datos sobre este tipo de radar para permitir evaluar sus efectos sobre las tasas de captura, y ajustar por ellos en el futuro.

Una de las limitaciones principales del uso de estimaciones de abundancia total es que, aún cuando son correctas, no proporcionan ninguna información sobre la estructura de edades. Ya que la condición de la población depende de dicha estructura, pudiera ser útil analizar las tasas de captura por grupos de tamaño o edad. Se tomaron los siguientes pasos preliminares para preparar los datos de frecuencia de longitud para este tipo de análisis. Primero se verificaron los datos para descubrir errores detectables internamente, y a continuación se comprobaron para discrepancias contra la base de datos de bitácora. Una vez resueltas las discrepancias y corregidos los errores, se analizaron los datos para determinar cuáles muestras en los datos de frecuencia de longitud representarían mejor las frecuencias de longitud de los lances en los datos de bitácora. Luego se asignaron frecuencias de longitud a cada lance en los datos de bitácora, y se estimó la tasa de captura de cada tamaño de pez. Para cada tamaño se realizó un análisis separado de la tasa de captura, similar a aquellos en el Boletín de la CIAT, Vol. 19, N° 3. Se explica este análisis en mayor detalle más adelante.

Las frecuencias de longitud del aleta amarilla son en parte una función del tipo de lance (cardumen puro, objeto flotante, o delfín), barrilete (si se capturaron en asociación con barriletes), posición, y época del año. Ya que esta información existe en la base de datos de bitácora y también en la de frecuencia de longitud corregida, se puede utilizar para predecir cuáles muestras de frecuencia de longitud representarán con mayor probabilidad las frecuencias de longitud de los peces de aquellos lances en la base de datos de bitácora donde no se obtuvieron dichas frecuencias. En primer lugar se comparó cada muestra de frecuencia de longitud de tipo de lance, asociación con barriletes, posición, y época de año conocidos con cada una de las demás muestras de frecuencia de longitud conocidas. A continuación se estimó la diferencia media entre parejas de muestras de frecuencia de longitud para varias combinaciones de tipo de lance, asociación con barriletes, distancias entre muestras, y días entre muestras.

Ya que se utilizan los datos de frecuencia de longitud principalmente en los análisis de las cohortes, los intervalos de longitud aplicados en este estudio corresponden a las longitudes de los peces de las cohortes X e Y descritos en los Informes Anuales de la CIAT. Para ponderar cada cohorte igualmente, se define la diferencia entre muestras como:

$$d(i,i') = \frac{1}{n} \cdot \sum_{j=1}^n (p_{ij} - p_{i'j})^2 / \bar{p}_j \quad i \neq i'$$

donde $d(i,i')$ es una medida de la diferencia entre la i -ésima y la i' -ésima muestra, n es el número de cohortes, p_{ij} es la proporción de peces en la i -ésima muestra que se estima son de la j -ésima cohorte, y \bar{p}_j es la frecuencia media de la j -ésima cohorte sobre todas las muestras. Es de destacar que la medida de la diferencia no necesita ser exacta, ya que el objetivo no es comprobar la hipótesis, sino simplemente observar las diferencias relativas. En la Figura 13 se presentan las relaciones entre d y los días y distancias entre muestras que eran iguales para tipo de lance y asociación con barriletes. En la Tabla 9 se resumen los resultados para todas las variables. Es ahora posible predecir cuales muestras de frecuencia de longitud serán probablemente más similares a cualquier lance dado en los datos de bitácora. Por consiguiente, se puede estimar con la mayor precisión posible permitida por los datos la captura y la tasa de captura de cada cohorte. A continuación se analizaron estas tasas de captura según los métodos descritos en el Boletín de la CIAT, Vol. 19, N° 3. Este método funciona bastante bien para todas las cohortes combinadas, ya que el área cubierta por éstas es bastante consistente de año a año. El área cubierta por cohortes individuales, sin embargo, varía significativamente de año a año, y es por lo tanto necesario ajustar las estimaciones de abundancia para compensar.

Tras investigar muchas alternativas, se eligió el sistema siguiente para hacer los ajustes. Primero, se estiman los factores de estandarización (velocidad del barco, tipo de lance, presencia o ausencia de barriletes) tal como se hizo antes. A continuación se estima la tasa de captura estandarizada en el centro de cada estrato de área-tiempo (cuadrángulo de 2.5 grados, mes), usando una técnica de cuadrados mínimos ponderada localmente que usa datos del estrato en cuestión y otros estratos adyacentes. Si no se pescó en un estrato de área-tiempo dado ni tampoco en ninguno de los estratos adyacentes, se le asigna un valor nulo a la abundancia de aquel estrato. La estimación de la abundancia relativa correspondiente a un cierto año será entonces la suma de las estimaciones de los varios estratos de área-tiempo en aquel año. Por lo tanto, se ajustan estas estimaciones para variaciones anuales en la zona ocupada por cada cohorte, y también para velocidad del barco, tipo de lance, presencia o ausencia de barriletes, región, y temporada. Además, las estimaciones para los estratos producirán estimaciones de la abundancia local; éstas son mejores que los promedios dentro de los estratos porque la interpolación suministra los valores que faltan y se elimina la variación extránea de los estratos en los cuales hay pocas observaciones.

Composición de tamaño de la captura

Toma rutinaria de datos

Las muestras de frecuencia de longitud de aleta amarilla, barrilete, patudo, aleta azul, y barrilete negro capturados por barcos cerqueros y de carnada en el Océano Pacífico oriental son tomadas por personal de la CIAT en puertos de desembarco en Ecuador, Estados Unidos (California y Puerto Rico), México, Panamá, Perú, y Venezuela. El muestreo de las capturas de aleta amarilla y barrilete fue comenzado por personal de la CIAT en 1954, y continúan realizándose en la actualidad. La información obtenida en los muestreos de frecuencia de longitud ha servido para estimar el crecimiento, la mortalidad, el rendimiento por recluta, y la abundancia de las generaciones. Los resultados de estos estudios se han publicado en varios boletines y en todos los informes anuales desde 1954.

De la captura de 1988, el personal de la CIAT tomó y procesó 739 muestras de aleta amarilla, 340 de barrilete, 26 de patudo, 10 de aleta azul, y 62 de barrilete negro. La mayoría de éstas muestras fueron de 50 peces. Las muestras de frecuencia de talla de aleta amarilla y barrilete se estratifican por zonas de medición (Figura 14), mes, y arte de pesca. El muestreo de cada estrato se hace en dos etapas: en la primera, se toman muestras de una "unidad" del barco (generalmente una o dos bodegas) y en la segunda se muestrean ejemplares individuales. Las unidades dentro de cada estrato se muestrean al azar, y se miden por separado los peces elegidos al azar de cada unidad de muestreo.

Para estimar el total de peces de cada grupo de longitud en la unidad muestreada se divide el peso total de la captura en la unidad por el peso promedio de los peces muestreados en la unidad; a continuación se multiplica esta razón por la fracción de peces muestreados en ese grupo de longitud. Los totales de cada estrato, expresados en número de peces, para cada grupo de longitud se obtienen mediante la suma de los totales de cada unidad muestreada, cantidad que se multiplica por la razón del peso de la captura registrada en ese estrato y el total del peso de las unidades muestreadas. Los totales trimestrales y anuales se obtienen sumando los datos de todos los estratos muestreados en el trimestre o año en cuestión. El peso promedio anual y trimestral se obtiene al dividir la suma del peso de las capturas de todos los estratos muestreados por la suma de todos los grupos de longitud en las estimaciones trimestrales o anuales.

En la Figura 15 se presentan histogramas del tonelaje estimado de aleta amarilla capturado en 1988, por intervalos de 2cm, basados en datos de capturas registradas en las zonas de medición en el ARCAA. En la figura, las zonas se presentan en un orden aproximado de norte (arriba) a sur (abajo). La mayor parte de la captura en la zona 1 consistió de peces de entre 46 y 94cm de longitud, pero también se capturaron algunos de entre 96 y 152cm. Hay una moda prominente centrada alrededor de 66cm, aproximadamente. En la zona 8 los peces en la captura midieron entre 50 y 114cm, con unos pocos peces de hasta 138cm. Una moda prominente ocurre a los 80cm. En la zona 2 la mayoría de los peces capturados midieron entre unos 48 y 160cm, con la moda mayor a los 90cm, y con menores a los 66cm y entre 130 y 150cm. El rango de tamaños de la captura en la zona 4 fue más o menos igual al de la zona 2, con tres modas, de prominencia más o menos igual, a los 76, 92, y 112cm. El rango de tamaños en la zona 5 fue más o menos igual a los de las zonas 2 y 4. La moda más prominente se centra alrededor de los 52cm, con modas menores a los 70–80, 90–94, 110–120, y 140–150cm. En la zona 6 la mayoría de los peces capturados midieron entre 40 y 140cm, con dos modas de prominencia más o menos igual a los 54 y 72–78cm, y una menor a los 116cm. En la zona 7 la mayoría de los peces capturados midieron entre unos 44 y 160cm. La moda más prominente ocurrió a los 120–130cm, con modas menores a los 70–80cm y 40–60cm. En la zona 13 la mayoría del pescado midió entre 120 y 160cm, con la moda más prominente a los 130–140cm.

En la Figura 16 se presentan histogramas del tonelaje estimado de aleta amarilla capturado, por intervalos de 2cm, basados en las capturas registradas en todo el ARCAA durante cada año del período 1983–1988. La estimación preliminar del peso promedio de 1988, 7.8kg (17.1 libras) es la más baja registrada desde 1983.

En la Figura 17 se presentan histogramas del tonelaje estimado de aleta amarilla capturado, por intervalos de 2cm, basados en las capturas registradas en el Océano Pacífico oriental, entre el límite del ARCAA y los 150°W en cada año del período 1983–1988. En 1988 la captura varió entre unos 52 y 168cm. La moda mayor ocurre entre los 130 y 150cm, con una moda secundaria a los 90–100cm. La estimación preliminar del peso promedio de 1988, 26.6kg (58.6 libras) es la más baja registrada desde 1983.

En la Figura 18 se presentan histogramas del tonelaje estimado de barrilete capturado, por intervalos de 1cm, basados en las capturas registradas en zonas seleccionadas de medición en el Océano Pacífico oriental durante 1988. No se incluyen datos de las zonas 8 y 13, porque allí se capturaron pocos barriletes y, en consecuencia, se tomaron pocas muestras de frecuencia de longitud. En todas las zonas la mayoría de los peces capturados midió entre unos 40 y 65cm, con una moda marcada a los 47–60cm. En la zona 1 ocurre una moda secundaria a los 41–43cm.

En la Figura 19 se presentan histogramas del tonelaje estimado de barrilete capturado, por intervalos de 1cm, basados en las capturas registradas en el Océano Pacífico oriental durante el período 1983–1988. La estimación preliminar del peso promedio de 1988, 2.9kg (6.4 libras), es inferior a los valores correspondientes de 1985–1987, pero supera aquellos de 1983 y 1984.

Se captura el aleta azul del norte frente a California y Baja California entre 23°N y 35°N, aproximadamente, principalmente entre mayo y octubre, y casi exclusivamente por embarcaciones

cerqueras. En la Figura 20 se presentan histogramas del tonelaje estimado de aleta azul, por intervalos de 2cm, capturado en el Océano Pacífico oriental en cada año del período 1983–1988, basadas en las capturas registradas. La captura de 1988 incluyó peces de más de 200cm de largo, los más grandes jamás registrados en la pesquería. Estos peces grandes aparecieron en la captura por primera vez a fines de octubre, y se continuó capturándolos hasta el fin del año. La mayoría de ellos fueron capturados entre 32° y 34°N, al extremo norte de la pesquería.

La captura epipelágica de patudo es incidental a la de aleta amarilla y barrilete (Tabla 1), por lo que la cantidad de muestras de frecuencia de longitud es muy inferior a las del aleta amarilla y barrilete. Con frecuencia se carece de estimaciones adecuadas del peso del patudo en las unidades de muestreo; por consiguiente, no se ha ponderado cada muestra según el número estimado de peces en la unidad muestreada. En la Figura 21 se presentan histogramas del tonelaje estimado de patudo, por intervalos de 2cm, capturado por la pesca epipelágica en el Océano Pacífico oriental en cada año del período 1983–1988.

En la Figura 22 se presentan las distribuciones anuales de frecuencia de longitud de barriletes negros capturados durante 1983–1988. La captura de barriletes negros es incidental a aquella del aleta amarilla y barrilete, y gran parte de ella es desechada o vendida a procesadores aparte del comercio usual, y por lo tanto no se ha intentado estimar la captura por intervalos de talla. En 1988 se midieron más de 1,500 barriletes negros, la mayor cantidad desde 1981.

Evaluación de los métodos de muestreo de frecuencia de longitud

Como parte de un programa ideado para evaluar los métodos de muestreo de frecuencias de longitud empleados por el personal científico de la CIAT, se midió sistemáticamente durante el descargue la longitud de aletas amarillas en seis bodegas en cinco barcos cerqueros distintos. Se fijó la frecuencia de muestreo de cada bodega en entre cada tercer y cada décimo pez, según la velocidad del descargue. Dos bodegas contenían pescado capturado en lances individuales, uno sobre un cardumen puro y el otro sobre delfines. La distribución total de longitud en estas bodegas fue unimodal o bimodal, y se descubrió que las longitudes sucesivas estaban distribuidas al azar durante el descargue. Las otras cuatro bodegas contenían pescado de dos o más lances realizados sobre cardúmenes puros, delfines, o ambos, y la distribución de longitud varió de uni-a trimodal. El orden en el cual se descargaron los peces de tres de las cuatro bodegas fue significativamente no aleatorio, situación que pudiera resultar de tendencias a largo plazo en la secuencia del descargue que afectan la longitud media o la varianza. Esto indica claramente que los peces en las bodegas estaban estratificados por longitud.

Las características distribucionales de los peces en las seis bodegas de prueba suministraron un base necesaria y realista para desarrollar programas de computadora para simular el contenido de las bodegas. Los datos señalaron que diferencias en la longitud de peces sucesivos contenían información sobre las tendencias en la longitud y la varianza, los grados de orden aleatorio, la magnitud relativa de las modas, y las configuraciones de las distribuciones reales y empíricas. Se pudo por lo tanto generar una muestra sistemática de estas diferencias juntando las diferencias de dos o más bodegas de prueba relacionadas en una secuencia continua y eligiendo un punto de partida aleatorio. Se pudo a continuación fijar la longitud absoluta de los peces añadiendo una longitud de partida a dichas diferencias que resulta en una distribución (o distribuciones) final dentro del rango de 35 a 175cm. Mediante la aplicación repetida de estos procedimientos, se crearon muestras sistemáticas con frecuencias de muestreo conocidas para 25 bodegas.

El próximo paso fue escribir un programa de computadora que generara las longitudes que faltan en una muestra sistemática y conservara las tendencias originales en los datos. Por ejemplo, si la frecuencia de la muestra sistemática (k) fuera 3, entonces en la secuencia siguiente de una bodega que contiene N peces:

$$x \ x \ l_k \ x \ x \ l_{2k} \ x \ x \ l_{3k} \ \dots \ \dots \ l_{(N/3)k}$$

l_k es el primer pez medido, y las x representan los valores que faltan. Se estimaron estos valores mediante una distribución móvil de longitudes medidas, pero el número de longitudes incluidas en la distribución, el tamaño de la "ventana," puede afectar el grado y tipo de la aleatoriedad en la bodega. A un extremo, una ventana pequeña resultó en una secuencia no aleatoria caracterizada por oscilaciones a corto plazo. A medida que se aumentó el tamaño de la ventana, las tendencias se hicieron progresivamente de plazo más y más largo, y si la ventana contuviera N peces, alcanzaron finalmente aleatoriedad completa. Dado que las bodegas de prueba originales mostraron cierto grado de tendencias a largo plazo en la longitud media o la varianza, se retuvieron estas características al convertir las muestras sistemáticas en datos completos sobre las bodegas.

Las distribuciones de los peces en las bodegas simuladas representan los "descargues," o una población de aletas amarillas de tamaños conocidos capturados dentro de un estrato de área-mes, y pueden por lo tanto ser usados para evaluar varios esquemas de muestreo. Ciertos detalles cambiarán de un esquema a otro, pero comparten varias características. Estas incluyen la selección del tamaño de la muestra (n), el número de bodegas a muestrear en los descargues (m), y la elección de un punto de partida aleatorio dentro de las bodegas seleccionadas al azar antes de aplicar un método de muestreo en particular. Ya que el personal de la CIAT, en sus análisis de cohortes, asigna rutinariamente los peces medidos a clases de talla que representan cohortes, cada iteración de cualquiera de estos programas de computadora produce estimaciones de las frecuencias de peces en las distintas cohortes, y también del número total de peces en los descargues y su peso medio. Se realiza además una prueba para medir la precisión del ajuste de las estimaciones de clase de talla contra un valor crítico predeterminado obtenido por un muestreo aleatorio. Aplicaciones repetidas de una combinación específica de n y m producen distribuciones de estas estimaciones de las cuales se pueden calcular coeficientes de variación y sesgos. Se están desarrollando actualmente varios esquemas de muestreo que incorporan estas características compartidas.

Marcado

Miembros del personal de la CIAT marcaron y liberaron 19 aletas amarillas y 330 barriletes en el Golfo de Guayaquil entre el 3 y el 5 de marzo de 1988, durante un experimento de marcado de objetos flotantes, descrito en la sección de este informe titulada *Investigaciones Atún-delfín*. En 1988 fueron devueltas 57 de estas marcas, 2 de aletas amarillas y 55 de barriletes. Ninguno de estos peces fue capturado a gran distancia del punto de liberación.

Los movimientos de los peces y sus implicaciones para la administración

Los movimientos de cualquier población de animales pueden consistir de dos componentes, movimiento direccional y movimiento aleatorio. El primero de éstos pudiera ser o no ser importante. Los atunes aleta azul, por ejemplo, se crían en el Pacífico occidental, y muchos de ellos migran al Pacífico oriental para alimentarse, regresando al Pacífico occidental para desovar. Para los atunes aleta amarilla, en cambio, el movimiento direccional parece ser mucho menos importante. El movimiento aleatorio, que ocurre en todas especies, causa la dispersión paulatina de los peces. Se puede medir el movimiento direccional y aleatorio mediante el análisis de los datos de marcado.

En la discusión que sigue, que trata del aleta amarilla y el barrilete, se supone que el movimiento direccional es insignificante. Es posible que esta suposición no sea completamente justificada, ya que algunos estudios de marcado han señalado algún movimiento direccional para estas especies. Se supone además que el grado de movimiento aleatorio es independiente de lugar y tiempo. No se cree estar satisfecha esta suposición, y se discutirá ésto más adelante. Sin embargo, se cree que los análisis siguientes poseen alguna validez, a pesar de que las suposiciones no están satisfechas.

Si la zona donde se propone administrar el recurso (la Zona Económica Exclusiva (ZEE) de una nación, por ejemplo) es grande y la tasa de dispersión de los peces es baja, entonces la administración pudiera ser efectiva. Si la zona es pequeña y la tasa de dispersión es elevada, entonces un programa de administración realizado solamente dentro de esa zona no podría producir resultados útiles. La efectividad de un tal programa propuesto puede ser cuantificado mediante cálculos que toman en cuenta el tamaño de la zona a administrar, la tasa de dispersión de los peces (el coeficiente de dispersión), a^2 , y la tasa de mortalidad total de los peces. Para una ZEE y un valor de a^2 en particular se puede calcular la "media vida." Si un grupo de peces estuvo originalmente en el centro de una ZEE, al cabo de un cierto número de días la mitad de los que siguen vivos estarán dentro de dicha ZEE y la otra mitad fuera de ella; se denomina este número de días la media vida. Si el área es grande y el valor de a^2 es bajo la media vida será larga, es decir que tardaría mucho tiempo hasta que la mitad de los supervivientes hubieran salido del área. Si el área es pequeña y el valor de a^2 es elevado, entonces la media vida será corta. La media vida para cualquier combinación de área y a^2 puede ser combinada con una estimación de la tasa de mortalidad total de cualquier especie de pez, y se puede calcular la proporción de los peces originalmente en el centro del área que finalmente morirán fuera de él. Se pueden usar estos resultados para ayudar a decidir si las zonas de administración son suficientemente grandes.

Se combinaron los datos de las ZEE de 11 naciones (que consisten de islas o archipiélagos) del Pacífico occidental y tres valores de a^2 con las tasas de mortalidad del aleta amarilla y barrilete calculadas por los científicos de la South Pacific Commission para calcular las proporciones de peces que morirían fuera de las ZEE (Tabla 10). Las radios equivalentes, tomados de un trabajo de Hilborn y Sibert (1988, Mar. Policy, 12 (1): 31-39), son los radios de círculos de áreas iguales a las áreas de las varias ZEE. Los valores de a^2 caen dentro del rango de valores obtenidos de los experimentos de marcado realizados en el Océano Pacífico oriental. Las tasas de mortalidad, 6% por mes (una tasa anual instantánea de 0.74) para el aleta amarilla y 17% por mes (una tasa anual instantánea de 2.24) para el barrilete, fueron tomadas del trabajo de Hilborn y Sibert arriba citado. Se puede ver que las medias vidas son directamente proporcionales al tamaño de las ZEE de los varios países, que las probabilidades de morir fuera de las ZEE son mayores para las ZEE más pequeñas, y que las probabilidades de morir fuera de las ZEE son mayores para el aleta amarilla que el barrilete, debido a la vida más larga del primero.

Los datos señalan una emigración considerable de las ZEE por parte de los peces. Los valores en la tabla suelen subestimar el nivel de emigración, porque las ZEE no son circulares y no todos los peces ocurren en el centro de ellas. Además, la tasa de mortalidad usada para el barrilete es probablemente una sobreestimación, ya que incluye agotamiento causado por la emigración.

No obstante, hay un problema con este tipo de análisis. Los valores de los coeficientes de dispersión son tan grandes que se prediría que la abundancia de los peces no variaría en el sentido espacial. Sin embargo, los datos de captura por unidad de esfuerzo (CPUE) indican que algunas áreas son mejores que otras para la pesca. Es posible que los peces sean sencillamente más vulnerables a la captura en las zonas de pesca mejores, pero estudios oceanográficos y biológicos y análisis de series de tiempo de los datos de captura y esfuerzo indican que CPUE mayores en zonas específicas resultan generalmente de una mayor abundancia de peces.

Los coeficientes de dispersión calculados parecen variar sistemáticamente, siendo inferiores donde hay más alimento. Se está desarrollando un modelo matemático en el cual la dispersión es una función de la saturación del hábitat. Dentro del modelo se especifica la capacidad intrínseca de cualquier lugar, pero ésta se ve moderada por la cantidad de peces presentes. Es menos probable que un individuo permanezca en un lugar si éste es intrínsecamente pobre, o si hay muchos peces allí. Esto crea un mecanismo por el cual variabilidad en el hábitat pudiera inducir variabilidad en la abundancia de los peces. Sin embargo, esto complica todavía más la cuestión del tamaño más adecuado para una zona de administración. La pesca remueve peces y hace más probable que otros

peces que entren a la zona permanezcan allí, generando así inmigración. Si la tasa de explotación es elevada, inmigrarán allí más peces, y los inmigrantes originarán de lugares más alejados.

Morfometría del aleta amarilla

Es importante para la evaluación de una población saber si consiste de uno o más stocks y, si consiste de más de uno, conocer su distribución espacial y temporal. Caracteres morfométricos (mediciones que describen la forma del cuerpo) proporcionan información útil para describir y diferenciar stocks de peces. Análisis estadísticos multivariantes de los caracteres morfométricos pueden producir datos que complementan aquellos obtenidos de estudios fisiológicos, bioquímicos, y del ciclo vital.

Durante 1988 se realizaron análisis de los datos morfométricos y de los conteos de las branquiespinas obtenidos de aletas amarillas de cinco zonas del Océano Pacífico entre enero y mayo de 1988. El objetivo de esta investigación es de evaluar la variación geográfica del aleta amarilla, mediante análisis estadísticos univariantes o multivariantes de los caracteres morfométricos y los conteos de las branquiespinas, y comparar los resultados con aquellos de los análisis morfométricos del aleta amarilla del Pacífico oriental presentados en el Informe Anual de la CIAT de 1987.

Se obtuvieron las muestras para el estudio de la cuenca del Pacífico en las Islas Revillagigedo (México); Manta (Ecuador); New South Wales (Australia); Ishigaki (Japón); y Oahu (Hawái). Se tomaron trece mediciones lineales (Figura 23) con calibres de cada espécimen a menos de 24 horas de su captura, y se registraron éstas al milímetro más cercano. Se registró además el número de branquiespinas en el primer arco branquial izquierdo. Se determinó el sexo de los peces provenientes de Ecuador y Australia.

En la Tabla 11 se presentan los promedios y las desviaciones estándar de los conteos de las branquiespinas de cada zona, y de todas las zonas combinadas. Análisis de varianza de una entrada, con zona como criterio de agrupación, indicaron diferencias significativas ($P < 0.01$) en los promedios de los conteos de la rama superior, la rama inferior, y el total de las branquiespinas (Tabla 11). En la Figura 24 se presentan los promedios y los intervalos de confianza de 95% para dichos conteos, por zona. Es de destacar que en los conteos totales de las branquiespinas no hay diferencia significativa entre aquellos de Australia y Japón, y aquellos de México y Hawái, pero que estas parejas son significativamente diferentes entre sí y de los de Ecuador.

Se ajustaron las medidas de los caracteres morfométricos a aquellos esperados para la longitud total media general con la fórmula:

$$\hat{Y}_i = \log_{10} Y_i - [\beta(\log_{10} X_i - \log_{10} \bar{X})]$$

donde

\hat{Y}_i = medida logarítmica ajustada de los caracteres del *i*ésimo espécimen,

Y_i = medida no ajustada de los caracteres del *i*ésimo espécimen,

β = coeficiente de regresión común dentro del grupo de $\log_{10} Y$ versus $\log_{10} X$,

X_i = longitud total del *i*ésimo espécimen, y

\bar{X} = longitud total media general.

Pruebas de *t* de dos muestras no indicaron diferencias significativas entre los valores medios de machos y hembras para caracteres morfométricos ajustados y conteos de branquiespinas de peces de Ecuador y Australia.

Se usaron análisis discriminantes por pasos para clasificar los peces individuales en grupos, usando los caracteres morfométricos ajustados por separado y combinados con los conteos totales de las branquiespinas. Se evaluaron las funciones de clasificación mediante el procedimiento de validación por "jackknife," el cual reduce el sesgo en la función de clasificación. En la Tabla 12 se presentan los resultados de este análisis, aplicado a los caracteres morfométricos ajustados

combinados con los conteos totales de las branquiespinas. El porcentaje correcto de la clasificación por "jackknife" osciló entre 65.6 y 95.3, con un total de 79.3%. La clasificación ajustada para eliminar los efectos del azar señala que esto es un 74% mejor que lo que ocurriría por azar, con intervalos de confianza de 95% de 69.0 y 79.0%. El valor de F calculado a partir de la estadística D^2 de Mahalanobis, comprobando la igualdad de promedios de grupos, mostró una diferencia significativa entre los cinco grupos ($F_{0.05, (48, 1592.96)} = 38.68, P < 0.0005$). Los conteos de las branquiespinas entraron en el análisis discriminante como la novena variable y, pese a que contribuyó significativamente a la discriminación entre los peces en los cinco grupos, el aumento en la clasificación de porcentaje correcto total fue solamente 1.7%. En la Figura 25 los valores centroides de cada grupo están completamente separados, hecho señalado por los círculos de confianza de 95% de los centroides de población en el primer y segundo eje canónico. Aunque ocurre cierta sobreposición de individuos, especialmente para peces de México y Ecuador, se ve bastante clara la agrupación de las muestras del Pacífico oriental (México y Ecuador) y de las del Pacífico central y occidental, así como la separación de cada una de éstas de la otra en los dos ejes canónicos. Las muestras de Japón y Hawaii parecen ser más similares que aquellas de Australia y Japón. Los primeros dos ejes canónicos son responsables del 57.0 y 25.5% de la dispersión total, respectivamente.

Se aplicó el análisis discriminante por pasos a los caracteres morfométricos, ajustados independientemente, y a los conteos totales de las branquiespinas de los grupos de peces de México y Ecuador, para evaluar más detalladamente la capacidad de distinguir peces provenientes de distintos lugares en el Pacífico oriental. Se usaron las pendientes comunes dentro de los grupos para ajustar los caracteres morfométricos a aquellos esperados para la longitud total media general para estos dos grupos, usando la fórmula arriba presentada. En la Tabla 13 se presentan los resultados del análisis. El porcentaje correcto de la clasificación por "jackknife" para los peces de México y Ecuador fueron 81.3 y 88.5%, respectivamente, con un total de 84.6%. La clasificación ajustada para eliminar los efectos del azar señala que esto es un 69.3% mejor que lo que ocurriría por azar, con intervalos de confianza de 95% de entre 58.3 y 80.3%. El valor de F calculado a partir de la estadística D^2 de Mahalanobis, comprobando la igualdad de promedios de grupos, demostró una diferencia significativa entre los dos grupos ($F_{0.05, (6, 162)} = 40.00, P < 0.0005$). Se consideró que se eliminó el tamaño de forma significativa con el procedimiento de ajuste, ya que la regresión de la variable canónica del análisis de función discriminante contra longitud total ($r^2 = 0.00, P = 0.37$) no fue significativa.

Estos resultados demuestran diferencias significativas morfológicas y en las branquiespinas entre aletas amarillas de las dos zonas, lo cual implica grupos biológicos distintos. Los resultados de los análisis de la morfometría de aletas amarillas del Pacífico oriental (Informe Anual de la CIAT de 1987) concuerdan con esto.

Estudios de otolitos

Los resultados de experimentos de marcado y recaptura iniciados en 1976 y 1980 demostraron que la tasa media de deposición de incrementos (I) en los otolitos (ságitas) de los barriletes es inferior a uno por día (d). Machos y hembras parecen estar igualmente afectados, con $0.87 I/d$ ($n = 16$) y $0.80 I/d$ ($n = 25$), respectivamente. No es claro si la diferencia de la tasa esperada de un I/d es específica para esta especie en el Pacífico oriental o si se debe a las técnicas utilizadas para observar y contar los incrementos. El número de incrementos aumentó significativamente en algunos otolitos al contarlos en la ságita en lugar de la superficie distal de la proyección anterior. Este resultado da lugar a la posibilidad de que algunos incrementos fueran demasiado pequeños para poder ser distinguidos con un microscopio de luz, pero que pudieran ser vistos con la mayor magnificación de un microscopio electrónico de barrido (MEB). Para someter esta idea a la prueba, se compararon conteos obtenidos con un microscopio de luz (1200x) en varios puntos de la superficie de 13 otolitos con aquellos efectuados con un MEB (3000–3500x) en secciones frontales de los mismos puntos. La varianza de la

diferencia en los conteos entre los dos métodos fue demasiado grande para detectar una diferencia entre los dos métodos. Sin embargo, la magnitud y signo del rango de diferencias, -11 a $+6$ incrementos, indica que ninguno de los dos métodos es consistentemente acertado. Estos resultados sugieren que hace falta una mayor investigación para optimizar un método de conteo de los incrementos en los otolitos del barrilete.

Biología reproductora del aleta amarilla

Un conocimiento de la biología reproductora del atún aleta amarilla es importante para la comprensión de la dinámica poblacional de esta especie. Se ignoran todavía varios aspectos de dicha biología, entre ellos las horas y lugares del desove, el tamaño y la edad de madurez sexual, y la frecuencia del desove. Es también necesario determinar si existe una diversidad con respecto a las características reproductoras de peces de distintas partes del Pacífico oriental. Es probable que la investigación de la biología reproductora del aleta amarilla contribuya a una comprensión del vínculo entre el desove y el reclutamiento, y posibilitará la evaluación del efecto de la pesca sobre el potencial reproductor de la población.

En septiembre de 1987 se inició un programa de muestreo a gran escala para obtener información sobre las características reproductoras del aleta amarilla específicas por tamaño en el Pacífico oriental entero. En mayor detalle, las metas son: (1) clasificar por estado reproductor los aletas amarillas de ambos sexos y de todos tamaños, en todas épocas del año en todas zonas, para determinar con precisión la duración, intensidad máxima, y lugar del desove; (2) determinar la longitud y edad de maduración sexual de los aletas amarillos, y establecer ecuaciones predictoras de regresión para las proporciones maduras dentro de zonas; (3) determinar la frecuencia de desove de aletas amarillas de ambos sexos; (4) determinar la fecundidad por camada de aletas amarillas de distinta longitud dentro de zonas y estimar la fecundidad anual dentro de zonas; (5) establecer las relaciones entre el momento de desove de los aletas amarillos y los fenómenos climáticos y oceánicos, por zona.

El objetivo del proyecto es obtener muestras de gónadas (ovarios y testículos) de aletas amarillas en el mar, por estratos de clase de longitud-mes-área. Los intervalos de clase de longitud van desde 50 hasta 150 cm, por intervalos de 10 cm. Los estratos de área son: al norte de 20°N : 10°N – 20°N ; 0° – 10°N ; y al sur de 0° . Técnicos científicos de la CIAT, que acompañan a barcos cerqueros para tomar datos sobre los delfines, han estado recolectando también muestras de gónadas, y continuarán con esta tarea hasta por lo menos octubre de 1989. El muestreo en el mar es necesario para el análisis histológico de las gónadas del aleta amarilla porque se tiene que poner el tejido en un fijador antes de congelar el pescado. Ya que se espera obtener solamente unas pocas muestras de peces capturados en la zona del norte del muestreo en el mar, se tomarán muestras de peces capturados al norte de 17°N durante el descargue o procesamiento en Ensenada (México) y Terminal Island (Alta California). El estado reproductor de estos peces será determinado mediante índices gonosomáticos (razones del peso de las gónadas al peso estimado del pez) para ambos sexos y midiendo el diámetro de los ovocitos en las hembras. La colaboración de los armadores y capitanes de los cerqueros y de los gerentes de las plantas empacadoras es esencial al éxito del programa, y hasta ahora ha sido excelente.

Al fin de 1988 se habían recolectado las gónadas de un total de 10,986 peces. En la Figura 26 se presentan las distribuciones de frecuencia de longitud de los peces de los cuales se tomaron muestras en 1988, por área de 10° y trimestre. Se puede ver que la cobertura fue bastante completa para todo estrato de clase de longitud, trimestre, y área.

Se han preparado secciones histológicas de las muestras frescas tomadas entre septiembre de 1987 y septiembre de 1988. Durante 1988 se procedió también con el procesamiento de los datos y las muestras de gónadas congeladas tomadas en el Area 1 durante el mismo período.

Estudios del aleta azul

Se mencionó en la sección titulada *Composición de tamaño de la captura* que se capturaron aletas azules de tamaño récord frente al litoral sur de Alta California en noviembre y diciembre. Empleados de la CIAT midieron y pesaron muchos de éstos, extrayeron las gónadas y el contenido de los estómagos, y tomaron muestras de las partes duras para la determinación eventual de la edad.

El Sr. Yoshio Ishizuka, del Far Seas Fisheries Research Laboratory (FSFRL), en Shimizu (Japón), pasó varios meses en La Jolla trabajando con los datos del aleta azul. Trabajó junto con un miembro del personal de la CIAT en los datos de aletas azules marcados en el Pacífico oriental y occidental; prepararon unas estimaciones preliminares de las tasas de crecimiento y mortalidad y una descripción preliminar de las migraciones de los peces. También dedicó tiempo al resumen de datos de captura y frecuencia de longitud del Pacífico occidental, y a la estimación de la captura de peces de cada generación anual en cada año del período 1966–1986. Desgraciadamente, los datos para los peces más jóvenes y más pequeños no son completos.

Aletas azules fueron marcados en el Pacífico oriental por el personal de la CIAT en 1958 y 1979–1980 y por el Bureau of Commercial Fisheries de los Estados Unidos, el California Department of Fish and Game (CDFG), y el Mission Bay Research Foundation en 1962–1968. Se resumen estos datos en la Tabla 14. Análisis de los datos de los peces recapturados en el Pacífico oriental indican migraciones estacionales de norte al sur, alcanzando los peces su punto más norteño en julio–octubre y más sureño durante mayo y junio. Se han obtenido diez devoluciones del Pacífico occidental, todas ellas de peces que permanecieron más de 22 meses en libertad.

El marcado de aletas azules en el Pacífico occidental fue llevado a cabo por empleados de la CIAT que trabajaron en el Japón entre 1980 y 1982 y por empleados del FSFRL durante 1980–1988. Se resumen las devoluciones hasta la fecha en la Tabla 15.

Dentro del Pacífico occidental parecen ocurrir migraciones de peces hacia el norte cerca de las grandes islas de Kyushu, Shikoku, y Honshu en la primavera y a principios del verano. Los peces suelen además alejarse paulatinamente de la costa al este de Honshu (donde son capturados con artes cerqueras) a medida que envejecen. Entre octubre y abril no se han registrado recapturas en altamar de peces marcados. Esto pudiera ser debido a que los peces se trasladen hacia la costa, pero parece más probable que se deba a una falta de esfuerzo pesquero en altamar durante el invierno. Ocurre un intercambio considerable de peces entre el Mar del Japón y la zona al oeste de Kyushu, Shikoku, Honshu, y Hokkaido.

Han sido devueltas las marcas de seis peces liberados en el Pacífico occidental y recapturados en el Pacífico central (Tabla 15). Cinco peces de edad 0+ liberados durante agosto–diciembre de 1981 fueron recapturados en mayo y junio de 1982, al cabo de entre 201 y 304 días en libertad. Un pez de edad 0+ liberado en marzo de 1980 fue recapturado en noviembre de 1982, al cabo de 991 días en libertad. Es posible que este último pez haya visitado el Pacífico oriental y sido capturado en su viaje de regreso al Pacífico occidental.

Han sido devueltas las marcas de 133 peces liberados en el Pacífico occidental y recapturados en las aguas costeras del Pacífico oriental (Tabla 15). Fueron devueltas 35 marcas de peces liberados al sureste de Honshu durante julio y agosto; de éstos, 33 fueron recapturados en el año después de su cría, y 2 el año siguiente. De las 94 marcas devueltas de peces liberados al sur del Japón entre noviembre y abril, 16 fueron recapturados en el año después de su cría, 77 durante el año siguiente, y 1 en el próximo año. Fueron devueltas 3 marcas de peces liberados en el Mar del Japón y 1 de peces liberados en Hokkaido, todos ellos dos años después del año de su cría. Todos los peces estaban en su primer año de vida al ser liberados, excepto aquel liberado en Hokkaido, que estaba en su segundo año de vida. De esto parece que algunos peces comienzan su migración de oeste a este en el otoño o invierno de su primer año de vida, y que otros la comienzan en la primavera, verano, u otoño de su

segundo año de vida. Es posible que otros peces migren del Pacífico occidental al oriental a edades mayores, pero se carece de información de marcado sobre esto, ya que se han liberado muy pocos peces de edad superior a 1 año, aproximadamente, en el Pacífico occidental.

Es posible que exista una población o quizás varias subpoblaciones de aletas amarillas en el Océano Pacífico. Si existe más de una, entonces una de las posibilidades es que haya una subpoblación que permanece en el Pacífico occidental y otra que migra al Pacífico oriental. Si hay solamente una población, la pobreza de las capturas en el Pacífico oriental en años recientes (Tabla 1) pudiera ser debida a condiciones oceanográficas que determinan qué proporción de la población migra al Pacífico oriental; si hay subpoblaciones distintas (la una migratoria y la otra no), entonces pudiera ser debida a la sobreexplotación de la subpoblación migratoria. Se pueden usar los datos de marcado para examinar estas posibilidades.

Se puede ver en la Tabla 15 que únicamente la generación anual de 1981 contribuyó cantidades significativas de devoluciones de marcas de la pesquería del Pacífico oriental durante el Año 1 (el año civil que sigue el año de cría). Se puede ver también que para el Año 2 casi la mitad de las devoluciones de la generación anual de 1979 y más de la mitad de aquellas de las generaciones anuales de 1983 y 1984 eran de peces capturados en el Pacífico oriental. Esta información sugiere que la proporción de peces de un año de edad que migró al Pacífico oriental alcanzó un máximo con la generación anual de 1981 y que las proporciones de peces de 2 años de edad que migraron al Pacífico oriental fueron máximas para las generaciones anuales de 1983 y 1984, intermedias para la de 1979, y mínimas para las de 1980, 1981, 1982, y 1985.

Una gran proporción de la captura de aletas amarillas en el Pacífico oriental en 1982 consistió de peces de menor tamaño, la mayoría de ellos probablemente de 1 año de edad, con una moda a los 66 cm (Informe Anual de la CIAT, 1987: Figura 16). Esto concuerda con lo sugerido por los experimentos de marcado, que una gran proporción de los peces de la generación de 1981 aparecieron en el Pacífico oriental como peces de un año de edad en 1982. No obstante, la captura de aleta azul en el Pacífico oriental en 1983 fue mala (Tabla 1), debido quizás a que los peces de la generación de 1981 hayan sufrido una mortalidad muy elevada en el Pacífico oriental en 1982 o a que la mayoría de ellos haya comenzado su viaje de regreso al Pacífico occidental antes del comienzo de la temporada de 1983.

Las capturas de aleta azul en 1985 y 1986 fueron las más grandes registradas en años recientes (Tabla 1), y consistieron principalmente de peces de entre 70 y 90 cm de longitud (Informe Anual de la CIAT, 1987: Figura 16). Se cree que la mayoría de éstos fueron de dos años de edad, es decir, de la generación de 1983 en 1985 y de la de 1984 en 1986. Esto concuerda con lo sugerido por los experimentos de marcado (Tabla 15), que grandes proporciones de los peces de las generaciones de 1983 y 1984 aparecieron en el Pacífico oriental como peces de dos años de edad en 1985 y 1986.

Si se supiera seguro que los peces marcados en el Pacífico occidental fueron seleccionados al azar, entonces se decidiría que una mayor proporción de los peces de dos años de edad de las generaciones anuales de 1983 y 1984 migró al Pacífico oriental, y que esto dió lugar a capturas mayores de aleta azul en dicha zona en 1985 y 1986. Sin embargo, es posible que existan subpoblaciones separadas, la una migratoria y la otra no, y que se marcó una proporción mayor de la subpoblación migratoria durante el primer año de vida de las generaciones anuales de 1979, 1983, y 1984. Es entonces posible que la proporción relativamente alta de devoluciones de la generación anual de 1979 en el Pacífico oriental, a pesar de la pobreza de las capturas en dicha zona en 1981, pudiera haber resultado de una concentración elevada de esfuerzo de marcado sobre una subpoblación de migrantes relativamente pequeña. Se preparó la Tabla 16 para examinar esta posibilidad para los peces de 1 año de edad y los de 2 años también. Para los peces de 1 año de edad parece que las proporciones de migrantes fueron elevadas para la generación de 1981 y baja para las demás, sin considerar la zona ni mes de liberación de los peces. Para los de 2 años se puede ver que los peces de las generaciones de 1980–1982 y 1985 liberados en diciembre y enero solían no ser migrantes, y que aquellos de las generaciones de 1983 y 1984 liberados durante diciembre y enero solían ser

migrantes. Peces de todas generaciones liberados entre agosto y noviembre solían no ser migrantes, pero hay tan solo 10 devoluciones de éstos de las generaciones de 1983 y 1984, y todos estos peces fueron liberados en Shimane, en el Mar del Japón. Dadas las barreras físicas, estos peces parecerían ser los menos probables de todos de migrar al Pacífico oriental. Estos datos no parecen apoyar la hipótesis de subpoblaciones. Indican que para los peces de 1 año de edad la tendencia a migrar al Pacífico oriental fue fuerte para la generación de 1981 y débil para las demás, y que para los peces de 2 años de edad la tendencia a migrar fue fuerte para los peces de las generaciones de 1983 y 1984, intermedia para aquellos de la de 1979, y débil para aquellos de las generaciones de 1980–1982 y 1985.

Se usaron los datos de captura y composición por edad del Pacífico occidental preparados por el Sr. Ishizuka, y los datos de captura del Pacífico oriental (Tabla 1) para hacer las comparaciones siguientes: (a) captura total en el Pacífico oriental *versus* captura de peces de edad 0+ en el Pacífico occidental un año antes; (b) captura total en el Pacífico oriental *versus* captura de peces de edad 0+ en el Pacífico occidental dos años antes; (c) captura total en el Pacífico oriental *versus* captura de peces de edad 1+ en el Pacífico occidental en el mismo año; (d) captura total en el Pacífico oriental *versus* captura de peces de edad 2+ en el Pacífico occidental en el mismo año. Se presentan éstas en la Figura 27. Se realizaron las primeras dos comparaciones porque parecía razonable que, si (i) la captura de peces de edad 0+ es un buen índice del reclutamiento, (ii) proporciones aproximadamente iguales de los peces de cada generación anual cruzan el Pacífico cada año, y (iii) la mayoría del peso capturado en el Pacífico oriental consiste de peces de edad 1+ (Figura 27a) o 2+ (Figura 27b), entonces las dos variables estarían correlacionadas positivamente. En ambos casos parece existir poca o ninguna correlación, y parece por lo tanto que al menos una de estas suposiciones no se ve satisfecha. (Información presentada más arriba indica que la suposición (ii) no está satisfecha.) Se efectuaron la tercera y cuarta comparación para determinar si están correlacionadas las capturas de peces de la misma generación anual, suponiendo que los peces capturados en el Pacífico oriental sean principalmente de edad 1+ (Figura 27c) o 2+ (Figura 27d). Si el reclutamiento varía considerablemente y la proporción de migrantes a no migrantes es relativamente constante, entonces debería existir una correlación positiva entre las capturas en las dos áreas. Si el reclutamiento es relativamente constante y la proporción de migrantes a no migrantes varía considerablemente, debería existir una correlación negativa. Parece haber poca o ninguna correlación en la Figura 27c, y una correlación negativa en la Figura 27d. La falta de correlación en la Figura 27c se debe probablemente a la baja incidencia de peces de edad 1+, relativa a aquella de peces de edad 2+, en las capturas del Pacífico oriental. Esto es señalado por el hecho de que se ha capturado una mayor cantidad de peces marcados de edad 2+ (83) que de edad 1+ (49) en el Pacífico oriental (Tabla 15). Ya que los peces de edad 2+ son más grandes, la proporción por peso de peces de esta edad en la captura es considerablemente mayor que la de peces de edad 1+. La correlación negativa en la Figura 27d es estadísticamente significativa, lo cual indica que la variación en la proporción de peces que cruzan el Pacífico de oeste a este contribuye de forma importante a la variación en las capturas de aleta azul en el Pacífico oriental.

En general, los resultados del marcado tienden a apoyar la conclusión tentativa del análisis de edad de captura que las variaciones en las proporciones de peces del Pacífico occidental que migran al Pacífico oriental son por lo menos parcialmente responsables de las variaciones en las capturas en el Pacífico oriental.

Se ha observado que aletas azules del Atlántico, recapturados tras períodos cortos a grandes distancias de su punto de liberación, eran mucho más delgados que la mayoría de los otros aletas azules capturados en los mismos estratos de tiempo y zona. Se ha observado además que la longitud de aquellos aletas azules que cruzan el Pacífico de oeste a este aumenta con menor rapidez que la de aquellos que permanecen en el Pacífico occidental (Informe Anual de la CIAT, 1982: 132). Las frecuencias de longitud de peces capturados en el Pacífico oriental muestran irregularidades

(Boletín de la CIAT, Vol. 18, N°2: Figuras 5 y 6), lo cual hace imposible asignar edades a muchos de los peces a partir de su longitud, al menos con confianza. Es posible que este fenómeno se deba al reclutamiento de peces de crecimiento lento de varias edades del Pacífico occidental a intervalos irregulares. Ya que aquellos peces del Atlántico que recién se trasladaron grandes distancias parecen ser más delgados que aquellos que no lo hicieron, se dedujo que los nuevos inmigrantes al Pacífico oriental podrían asimismo ser más delgados que aquellos que habían estado allí durante más tiempo. De ser así, podría entonces ser posible distinguir los dos tipos de peces por sus factores de condición (la razón del peso al cubo de la longitud). El CDFG tomó grandes cantidades de datos sobre la longitud y peso de aletas azules durante 1963–1971 y 1974. A la mayoría de los peces muestreados durante 1963–1970 se les asignó una edad a partir de muestras de las escamas. Los Sres. Doyle E. Hanan de la CDFG y Atilio A. Coan del National Marine Fisheries Service (NMFS) de los Estados Unidos proporcionaron dichos datos a la CIAT. Se calcularon los factores de condición de estos peces con la fórmula

$$K = (w \times 10,000) / l^3$$

donde K = factor de condición, w = peso en libras, y l longitud (del punto del hocico a la aleta caudal) en centímetros. Se clasificaron los datos de 1963–1970 por año y mes de captura y edad de los peces, y aquellos de 1971 y 1974 por año y mes solamente, y a continuación se prepararon distribuciones de la frecuencia de longitud de los valores de K . Estas fueron unimodales, desgraciadamente, y es por lo tanto aparentemente imposible distinguir los dos tipos de peces por sus factores de condición.

EL LABORATORIO DE ACHOTINES

Hace ya muchos años que los biólogos pesqueros creen que la fuerza de una generación anual se ve determinada principalmente durante las etapas tempranas del ciclo vital (huevo, larva, y/o juvenil primario). No se sabe mucho acerca del ciclo vital temprano de los atunes, a raíz de la inaccesibilidad de las larvas y los juveniles primarios para los científicos. En el Océano Pacífico oriental los pescadores no suelen capturar juveniles de longitud inferior a los 30 cm, y los estudios larvales a bordo de barcos en el mar son costosos e inadecuados para estudios detallados de la fisiología y el crecimiento. Estas consideraciones motivaron a la CIAT a establecer un centro de investigación en la Bahía de Achotines en la República de Panamá, lugar situado a menos de 10 km (5 mn) de una zona donde los atunes desovan durante todo el año (Figura 28).

Estudios de campo y de laboratorio del crecimiento y la mortalidad, ideados para ampliar los conocimientos de los procedimientos del reclutamiento y los factores que lo afectan, son de importancia primordial para los proyectos de investigación de la CIAT del ciclo vital temprano. La mayoría de los estudios descritos en este informe fueron realizados con atunes barrilete negro, *Euthynnus lineatus*, porque esta especie sobrevive bien en cautiverio y es uno de los escómbridos que más frecuentemente se captura al atraer peces a una luz submarina de noche. Los barriletes negros carecen actualmente de gran importancia comercial, pero su similitud biológica a otras especies de atunes les hace muy valiosos en estudios como éste.

Los experimentos de laboratorio con atunes dependen de poder mantener peces jóvenes y delicados en acuarios durante largos períodos. Se han capturado escómbridos en etapa larval tardía o juvenil temprana en todos los meses del año, pero no en todos los meses de todos los años, desde el comienzo del muestreo rutinario en 1984. Se han mantenido las especies siguientes en el laboratorio, con distintos grados de éxito: atunes aleta amarilla y/o patudo, atunes barrilete negro, melvas (*Auxis thazard* y/o *A. rochei*), sierras (*Scomberomorus sierra*), macarelas (*Scomber japonicus*), y bonitos del Pacífico (*Sarda orientalis*). (Es imposible en esta etapa del ciclo vital distinguir los aletas amarillas de los patudos usando caracteres morfológicos, merísticos, osteológicos, o de pigmentación; el Informe Anual de la CIAT de 1987 contiene una descripción de la identificación por medios

electroforéticos.) En 1988 se capturaron más larvas tardías y juveniles tempranos de aleta amarilla y/o patudo que en 1987, cuando se registraron las primeras capturas de este tipo. Tal como se esperaba, se capturaron muy pocos, ya que se concentró el esfuerzo de muestreo alrededor cerca del isobato de 100 brazas (183 m) cerca de la costa. Durante 1988 se capturaron y mantuvieron en el laboratorio varios bonitos del Pacífico, miembro de la tribu Sardinini poco común en las muestras de ictioplancton en Achotines. Su crecimiento fue el más rápido registrado hasta la fecha en los escómbridos cautivos en el laboratorio, 5.5 mm en longitud total (de la punta del hocico a las puntas de las rayas caudales más largas) por día. Hacia fines de 1988 se capturaron cantidades extraordinariamente grandes de escómbridos. Un científico en el laboratorio de Achotines descubrió que aparentemente un contraflujo a sotavento de la isla Frailes del Sur concentra a las larvas cuando la corriente fluye hacia el litoral o el este con poca fuerza. Se han recolectado hasta 455 especímenes en una media hora de esfuerzo de muestreo, utilizando una técnica ideada para aprovechar este fenómeno.

Con la excepción de 10 barriletes negros mantenidos en acuarios a bordo de barcos por Clemens (1956, Calif. Fish Game, 42 (1): 69–79), estas investigaciones constituyen la primera ocasión en que se han tomado atunes larvales tardíos o juveniles tempranos en el mar y se han criado en cautiverio con fines experimentales. (En algunos casos se han criado atunes en cautiverio de huevos o de juveniles mayores o adultos.) Se han logrado avances en el desarrollo de técnicas para tratar y mantener vivos a los atunes cautivos, y desde 1986, tres barriletes negros sobrevivieron más de 130 días. El que mayor tiempo sobrevivió permaneció vivo 167 días en el laboratorio, y alcanzó una longitud total de 307 mm y un peso de 336 gm. Fue sacrificado cuando cesó de comer debido a una infección de los ojos que perjudicó su vista. Según se sabe, 167 días constituye un récord para la sobrevivencia en cautiverio de un escómbrido capturado en una etapa temprana del ciclo vital.

Análisis histológicos del estado nutritivo

El Dr. Daniel Margulies, especialista en el estudio de las larvas de los peces, fue contratado para examinar la condición nutritiva de los escómbridos larvales y juveniles primarios capturados en aguas costeras frente a la Península de Azuero (Figura 28). El número de peces jóvenes que son reclutados a una población de peces de tamaño explotable es determinado principalmente por la proporción de larvas que logran sobrevivir el hambre y la predación, siendo éstas las dos causas primordiales de la mortalidad de las larvas. Se lograría un avance importante en la comprensión del proceso de reclutamiento si se determinara la importancia relativa de la inanición y la predación durante las etapas de vida anteriores al reclutamiento. En estudios pasados de otros peces, el análisis histológico de los tejidos del cuerpo proporcionó una indicación de privación de alimento durante las primeras etapas de alimentación, cuando los peces son particularmente susceptibles a la inanición. La privación de alimento resulta en una degeneración característica de ciertos tejidos del cuerpo, en particular el páncreas, el hígado, y el intestino. Temperaturas elevadas aceleran el comienzo de la degeneración celular causada por la inanición, y es por lo tanto posible que los escómbridos tropicales sean particularmente susceptibles al hambre.

Se tomaron en total 82 muestras de plancton, usando una red de un metro de diámetro de luz de malla de 333µm, de día y de noche, en la superficie y a profundidades de 5, 10, y 15 metros. Los arrastres diurnos subsuperficiales produjeron mayores cantidades de larvas en las primeras etapas de alimentación que aquellos realizados de día en la superficie. De las 82 muestras, 45 (55%) contenían larvas de escómbrido, entre ellas barriletes negros, melvas, y sierras. Se están preparando estas larvas para análisis histológico al fin del año. También se tomaron de noche con luz artificial larvas mayores y juveniles primarios de 10 a 25mm de longitud; se fijaron éstos inmediatamente para el análisis histológico.

Crecimiento en las etapas tempranas del ciclo vital

Crecimiento en cautiverio

Se completó un análisis de los experimentos realizados en el laboratorio de Achotines sobre el crecimiento de barriletes negros mantenidos en cautiverio desde octubre de 1986 hasta abril de 1988. Estudios del crecimiento en el laboratorio, donde se controla la alimentación y el ambiente, son importantes a luz de indicaciones en otros peces que la variabilidad natural en las tasas de crecimiento puede afectar la duración de las etapas tempranas del ciclo vital, lo cual pudiera resultar en cambios importantes en la supervivencia de las larvas y en el reclutamiento subsecuente.

Barriletes negros larvales tardíos y juveniles tempranos capturados de noche fueron colocados en depósitos de fibra de vidrio de 473 litros de capacidad y en estanques forrados de plástico de 2,778, 19,684, y 39,368 litros. Se les alimentó hasta saciarlos varias veces al día con zooplancton silvestre (predominantemente copépodos), juveniles de *Poecilia latipinna* y *Poeciliopsis turrubarensis*, y varias especies de pescado picado. Ya que los barriletes negros son demasiado frágiles para permitir medirlos vivos, se estimó la longitud estándar (del punto del hocico al extremo posterior del complejo hipural) inicial de aquellos que se guardaron para los experimentos de laboratorio a ojo, usando una regla sostenida cerca del agua y ajustando por la magnificación del líquido. Se estimó el peso a partir de la longitud, usando una relación longitud-peso (Figura 29) derivada de 184 peces medidos (longitud estándar al 0.1 mm más cercano) y pesados (peso húmedo redondeado al 0.001 g más cercano) poco después de su captura. La longitud y el peso estándar al final de los experimentos de crecimiento fueron medidos al 0.1 mm y 0.1 g más cercano, respectivamente. Se concluyeron los experimentos al morir los peces accidentalmente o cuando estaban a punto de morir.

De los 212 barriletes negros larvales tardíos y juveniles tempranos capturados y trasladados al laboratorio durante el período del estudio, 79 (37.3%) sobrevivieron más de 48 horas. En la Tabla 17 se presentan las fechas de muestreo, las cantidades capturadas, y otros datos. Se capturaron barriletes negros juveniles en 16 de los 18 meses con esfuerzo muestral. Las capturas mayores fueron logradas en noviembre y diciembre de 1986, diciembre de 1987, y enero de 1988. No se intentaron capturas nocturnas en enero de 1987 a raíz de las malas condiciones meteorológicas. Se guardaron 39 especímenes para experimentos de crecimiento en el laboratorio.

El crecimiento en la longitud estándar pareció seguir una relación curvilínea con el tiempo en cautiverio (Figura 30a). No se ajustaron los datos para derivar ecuaciones predictoras de crecimiento porque, pese a que se alimentó los peces hasta saciarlos, no se les dió raciones constantes, requisito para comparar el crecimiento entre individuos. La tasa media de crecimiento en longitud de cada pez durante la duración del cautiverio (Figura 30b) fue expresada por $\Delta SL / \Delta d$, donde ΔSL = crecimiento en longitud estándar (mm) durante el cautiverio y Δd = días en cautiverio. Los peces mostraron las mayores tasas de crecimiento en longitud en el primer mes de cautiverio; a partir de unas 4 semanas, dichas tasas se redujeron progresivamente. Los peces de los experimentos que terminaron durante los 15 primeros días de cautiverio mostraron tasas de crecimiento muy variables, entre 1.0 y 4.8 mm/día. Esta variabilidad pudiera haber sido debida en parte a la tensión del cautiverio. A partir de los 15 días existió una fuerte correlación negativa entre la tasa de crecimiento y días en cautiverio (coeficiente de correlación producto-momento de Pearson, $r = -0.887$, $n = 22$, $P < 0.001$). Todos los peces que sobrevivieron entre 15 y 50 días crecieron rápidamente, 3.2–4.8 mm/día; a partir de unos 50 días en cautiverio, las tasas medias de crecimiento en longitud se redujeron drásticamente.

El crecimiento en peso, al igual que el crecimiento en longitud, pareció seguir una relación curvilínea con el tiempo en cautiverio (Figura 30c). Los datos son escasos, pero sugieren una distribución sigmoidea. La tasa de aumento de peso durante los primeros 30 días fue baja, aumentó marcadamente entre 30 y 70 días, y a partir de los 70 días pareció disminuir progresivamente. El aumento diario en el peso de cada pez durante el cautiverio (Figura 30d) fue calculado usando los datos en la Figura 30c y la longitud estándar de captura estimada convertida a un peso. Las tasas de

crecimiento en peso son expresadas por $\Delta W/\Delta d$, donde ΔW = crecimiento en peso (g) durante el cautiverio y Δd = días en cautiverio. Mientras que las tasas de crecimiento en longitud mayores y más variables ocurrieron en los 30 primeros días, las tasas de aumento en peso durante este período fueron menores que aquellos de los peces que fueron mantenidos más tiempo. Se registraron las tasas de crecimiento en peso máximas para peces que sobrevivieron unos 60–73 días ($n = 3$). A partir de ese punto los aumentos medios diarios en el peso parecieron disminuir de forma drástica, aunque los datos son escasos.

En la Figura 31 se presentan las temperaturas de la superficie del mar durante cada viaje de muestreo. Los datos muestran una reducción progresiva en dichas temperaturas a partir de noviembre o diciembre, alcanzando mínimos de unos 23 a 25°C en marzo, seguida por un calentamiento gradual hasta llegar a temperaturas máximas estables de unos 28 o 29°C desde abril o mayo hasta octubre o noviembre. Cuando la temperatura osciló entre 28.0 y 29.0°C se capturaron barriletes negros que cubrían el rango entero de tamaños encontrados (7.1–18.4 mm). Se tomaron únicamente individuos más pequeños (7.7–12.2 mm) cuando las temperaturas eran inferiores a los 27.0°C, pero el tamaño de la muestra fue bajo ($n = 4$). Ni las tasas de crecimiento ni el tamaño final alcanzado en cautiverio estuvieron significativamente correlacionados con la temperatura media del agua en los acuarios durante los experimentos.

Este estudio descubrió algunos aspectos interesantes del crecimiento de atunes jóvenes. Los barriletes negros son capaces de crecer con rapidez, pero a pasos variables, cuando hay suficiente alimento. Estas observaciones sugieren un gran potencial de crecimiento, característica ventajosa para peces que pasan las primeras etapas de la vida en la zona epipelágica, donde el riesgo de la predación es muy elevado. Un potencial de crecimiento grande, cuando abunda el alimento, permite crecimiento rápido y una transición más temprana a la alimentación piscívora y la formación de cardúmenes.

En julio se realizó un segundo tipo de experimento de laboratorio sobre el crecimiento del barrilete negro juvenil temprano, de carácter preliminar. Diez peces, de 12–15 mm de longitud estándar, fueron alimentados con copépodos en concentraciones de 40–50 copépodos/litro durante 7 días. Las tasas medias de crecimiento fueron 1.65 mm/día y 34%/día en peso seco. Estos datos sugieren que los barriletes negros larvales poseen un potencial de crecimiento elevado a concentraciones medias de zooplankton. Una comparación de estas tasas de crecimiento con aquellas en la Figura 29 referentes a peces alimentados con raciones máximas apoya aún más la hipótesis que el potencial máximo de crecimiento es varias veces mayor que cuando los peces comen raciones medias.

Estudios de otolitos

En 1988 el personal del laboratorio de La Jolla comenzó un estudio de la edad y el crecimiento de barriletes negros larvales tardíos y juveniles tempranos en el mar mediante la examinación de los otolitos. Se tomaron muestras cerca de Achotines de noche (Tabla 17), principalmente para experimentos de cría. Para preservar los otolitos de los especímenes que murieron durante la captura y traslado, fueron colocados en alcohol etílico neutro. Es difícil interpretar los incrementos en los otolitos de barriletes negros juveniles en la región de crecimiento rápido adyacente al primordium, y fue por lo tanto necesario una investigación preliminar para desarrollar métodos de identificación confiable y conteo de los incrementos en la superficie distal de una ságita con microscopio de luz. Se utilizaron dos métodos para lograr esto: (1) conteos superficiales con microscopio de luz en un miembro de una pareja de otolitos, y (2) la examinación de una sección frontal grabada del otro miembro de la pareja con un microscopio electrónico de barrida (MEB). Si los incrementos en el otolito entero eran difíciles de interpretar, se pulió ligeramente la superficie antes de usar el microscopio de luz. Fotografías de secciones de otolitos grabados tomadas con el MEB a magnificación alta ($>1500\times$) producen un imagen de los incrementos en la superficie de un plano (Figura 32); esto elimina los problemas con profundidad de campo y paralaje frecuentemente asociados con la

observación de objetos semitransparentes bajo microscopio de luz. Se usó una prueba de Wilcoxon de muestras emparejadas para comparar los conteos de los dos métodos. La prueba indicó que no había una diferencia significativa entre los métodos ($T_{+(0.05,8)} = 14$, $T_{-(0.05,8)} = 22$, $P < 0.5$). La muestra es pequeña, pero los resultados con el MEB confirman que es confiable la interpretación de los incrementos en los otolitos en preparaciones de la superficie entera, el método preferido para la examinación rutinaria de edad y crecimiento.

Se grabó la región del primordium de varias ságitas de barriletes negros adultos, y se examinaron éstas para establecer y confirmar los criterios para la identificación de incrementos en la zona de crecimiento rápido en los otolitos de peces juveniles. Ságitas de ambas etapas vitales mostraron configuraciones similares de crecimiento de incrementos. Los nueve primeros incrementos fueron fáciles de identificar y contar (Figura 33). A partir del noveno se hicieron difíciles de interpretar los incrementos e inconsistentes los espacios entre ellos (Figura 34). A partir del vigésimoquinto incremento, aproximadamente, volvieron a ser consistentes los espacios y bien definidos los incrementos. La examinación de ságitas de barriletes negros adultos confirmó que la región con incrementos difíciles e irregulares no era un artificio que resulta de la examinación de otolitos muy delgados con microscopio de luz.

Se obtuvieron datos preliminares sobre la periodicidad de la formación de los incrementos en los otolitos de barriletes negros juveniles de peces cautivos. Se realizaron dos experimentos para obtener la información necesaria para someter a la prueba la hipótesis que dichos incrementos son depositados a razón de uno por día (la "hipótesis de 1:1"). Esta información es esencial para evaluar la edad y crecimiento de atunes juveniles en su ambiente natural. Anteriormente, para validar los incrementos en barriletes y aletas amarillas y azules en etapas posteriores al reclutamiento, los científicos de la CIAT marcaban los peces, inyectaban una solución de tetraciclina en su musculatura, y los regresaban al océano. La tetraciclina se incorpora en la zona de crecimiento del otolito mientras los peces están en libertad, y si se captura uno de ellos, se extraen los otolitos, y se examinan las ságitas con microscopio bajo luz ultravioleta. El incremento formado el día que se marcó el pez aparece como una marca fluorescente, y se puede comparar el número de incrementos formados fuera de esta marca con los días en libertad para evaluar la hipótesis de 1:1 (véase el Boletín de la CIAT, Vol. 17, N° 7). Ya que es imposible inyectar tetraciclina en peces muy pequeños, se agregaron tetraciclina y calceína, otro compuesto fluorocromático, al agua en los estanques en el laboratorio en los cuales se mantenían los barriletes negros juveniles. Se diseñaron los primeros dos experimentos de inmersión para determinar la concentración adecuada de productos químicos a usar y cuánto tiempo se tenía que dejar los peces expuestos a ellos para formar una marca visible en los otolitos. En el experimento de tetraciclina se expuso los peces a una concentración de 213mg/litro durante 13 horas, seguido 6 días después por una segunda inmersión de 6 horas al mismo nivel de concentración. En el experimento de calceína se expuso los peces a 57mg/litro durante 14 horas, y a 100mg/litro durante 4 horas 6 días más tarde. La mortalidad inicial de las larvas en el experimento de tetraciclina fue más elevada que en aquel de calceína.

Se extrajeron los otolitos de los peces experimentales y se examinaron con microscopio bajo la luz ultravioleta de una lámpara de mercurio de 200 vatios para descubrir las marcas características de tetraciclina (amarillas) o calceína (verdes). Se prepararon las ságitas de varias maneras (enteras, seccionadas, y pulidas) con el intento de descubrir el método más adecuado para observar las marcas. Las lapillae de un individuo marcado con tetraciclina y otro marcado con calceína mostraron marcas brillantes de ambos tratamientos, pero se usaron solamente los conteos de las ságitas en el análisis subsiguiente. Los otolitos de tres de los cinco peces que sobrevivieron más de un día en la solución de calceína no mostraron ninguna marca de la primera inmersión; los demás mostraron marcas visibles pero indistintas. En tres peces se contó el número de incrementos entre la marca (o marcas) de tetraciclina o calceína y el borde del otolito. Dos de los tres fueron sumergidos dos veces y mostraron marcas dobles. A pesar de la pequeñez de la muestra ($n = 5$) y la variabilidad de los resultados del

experimento de calceína, los datos preliminares indican que los barriletes negros de entre 13 y 18 mm de longitud estándar depositan incrementos diarios en cautiverio. La ecuación siguiente describe la relación entre incrementos formados (I) contra días transcurridos entre el marcado y el fin del experimento (D):

$$I = 0.370 + 0.975D$$

La pendiente no difirió significativamente de 1.0 ($t_{0.05,4} = 0.51, P > 0.50$). Se realizaron tres más experimentos de inmersión, usando una solución de tetraciclina de 100 mg/litro durante 11 horas, y 160 y 200 mg/litro durante 12 horas cada uno. Todavía no se han examinado los otolitos de estos peces. Se proyecta realizar más experimentos de este tipo, con concentraciones más elevadas y duraciones mayores.

El efecto de la dieta sobre la supervivencia en el laboratorio

De acuerdo con el objetivo de los investigadores de la CIAT de extender la supervivencia de atunes juveniles en el laboratorio para facilitar el estudio de los mismos, se realizaron experimentos preliminares para averiguar el efecto sobre la supervivencia del barrilete negro de tres regímenes alimenticios, concretamente: (a) camarones *Artemia salina*, (b) plancton silvestre capturado en el mar, y (c) una mezcla de (a) y (b), para determinar si la dieta inicial afecta la habilidad del pez de adaptarse a una dieta de peces. Se capturaron de noche 113 barriletes negros, y la mañana siguiente se trasladaron los 75 supervivientes, de entre 8 y 15 mm de longitud total, a tres depósitos de fibra de vidrio de 473 litros de capacidad, 25 especímenes en cada uno. Durante los cuatro días siguientes se agregó el alimento en concentraciones de entre 105 y 267 animales/litro. Se capturó plancton silvestre fresco dos veces al día, y una vez diaria se preparó un cultivo de camarones de entre 0 y 16 horas de edad después de la cría. El quinto día del experimento se inició el cambio de dieta a pececillos *Poecilia latipinna* y/o *Poeciliopsis turrubarensis* parcialmente o totalmente inmovilizados.

La mayor mortalidad ocurrió en las primeras 60 horas después de la captura. Los peces con dieta (b) sufrieron la mortalidad inicial más elevada (84%); los peces en las otras dos dietas padecieron una mortalidad mucho menor (47% para ambos grupos). Entre las 60 y 180 horas después de la captura murieron muy pocos peces en los tres grupos. Cambiando la dieta del grupo (a) a pececillos no dio buen resultado, mientras que los otros dos grupos se adaptaron sin problemas. Al cabo de un día, el 100% del grupo (b) y el 77% del (c) estaban comiendo los pececillos; sin embargo, al cabo de 4 días tan sólo el 8% del grupo (a) aceptaban la nueva dieta. Durante las últimas 40 horas del experimento (180 a 220) murieron muchos peces en este grupo.

De los tres regímenes alimenticios, la dieta (c) pareció dar el mejor resultado, ya que los peces en el experimento mostraron la mejor tasa de supervivencia inicial y se adaptaron a la dieta de pececillos sin problemas. Es posible que plancton natural contenga elementos nutritivos esenciales que faltan en los camarones, y que son importantes en el desarrollo de órganos sensorios usados para detectar y capturar alimento. Pudiera ser importante que los atunes se acostumbren a la amplia variedad de tipos de alimentos presentes en el plancton para así poder reconocer presas distintas. Se realizarán más experimentos de este tipo en 1989.

Estudios de campo de larvas y del ambiente

Las investigaciones de la CIAT en el Laboratorio de Achotines abarcan varios estudios del ciclo vital temprano de los atunes, que usan una combinación de técnicas de campo y de laboratorio y que se apoyan mutuamente. Hasta la fecha, la mayoría del trabajo ha sido realizado en el laboratorio, pero se está ampliando el programa de investigación. Se están iniciando estudios del ambiente local ocupado por los atunes larvales y juveniles cerca del laboratorio, en conjunto con estudios de campo para medir la reacción de los atunes larvales a los procesos físicos, químicos, y biológicos en su

ambiente. Esto requiere la observación sistemática a largo plazo de ciertas variables ambientales claves, y también la capacidad de realizar experimentos de campo interactivos.

El Dr. Robert Owen, oceanógrafo contratado por la CIAT, ha diseñado un programa piloto para definir el ambiente de atunes larvales en la plataforma, pendiente, y cuenca continental frente a la Península de Azuero (Figura 28). Esto proporcionará una base para la determinación de la frecuencia, alcance, y configuración óptimas de las observaciones necesarias para el estudio a largo plazo de la variación ambiental. El muestreo concurrente del ambiente y de larvas de escómbridos con redes de bongo proporcionará datos sobre la variación estacional del desove en la región y la relación entre la variabilidad oceanográfica y meteorológica y la abundancia, dieta, crecimiento, y mortalidad de las etapas del ciclo vital temprano. El informe del Dr. Owen identifica los parámetros ambientales a medir, recomienda métodos e instrumentos para medirlos, y especifica la frecuencia, duración, y pautas espaciales para el muestreo del ambiente y de las larvas. El plan está ideado para determinar la influencia de la plataforma y pendiente continental sobre el transporte de agua, la profundidad y gradiente de la picnolina, la influencia del viento y de la fase de la marea sobre el transporte y el afloramiento, y la producción biológica resultante.

Durante 1988 se lograron varios avances importantes en este proyecto, entre ellos la adquisición, preparación, y ensayo de campo del equipo oceanográfico y el desarrollo de un sistema de manejo de la base de datos oceanográficos y ictioplanctónicos.

El desarrollo de los músculos y la retina mirabilia

Se clasifica a los barriletes negros como miembros de la tribu Thunnini (atunes) de la familia Scombridae. Los Thunnini son únicos entre los peces óseos en poseer un permutador térmico de contraflujo (*retia mirabilia*) en el sistema circulatorio que conserva el calor metabólico y permite a los peces mantener una temperatura interna superior a aquella del agua que les rodea. La Dra. Kathryn Dickson, profesora de la California State University en Fullerton especialista en fisiología de los peces, pasó 6 semanas en Achotines realizando estudios preliminares del desarrollo de la musculatura y la *retia mirabilia* en escómbridos juveniles. Le interesa determinar cómo se desarrolla la *retia mirabilia* en los atunes, y en cuál etapa de la ontogénesis de los atunes empieza a funcionar y permite la elevación de la temperatura del cuerpo del pez (endotermia). Desearía además determinar cómo los músculos, y en particular los músculos rojos internos usados para la natación continua rutinaria, se diferencian a medida que crece el pez, y cómo se establecen los vínculos entre los músculos, los tendones, y el esqueleto. Para comprender el ciclo vital temprano de los atunes es necesario obtener respuestas a estas preguntas. Muchos gastos metabólicos, como por ejemplo el aumento en el latido del corazón y en la producción de calor, están asociados con la endotermia. La capacidad de elevar la temperatura de los músculos supone implicaciones importantes sobre la cantidad de energía necesaria para nadar rápidamente y así evadir los predadores o capturar presa. Demandas energéticas a su vez determinan la cantidad de alimento que requiere el pez, y pueden afectar de forma importante el riesgo de inanición que corre el mismo. La etapa de desarrollo en la cual el pez adquiere la capacidad de elevar la temperatura de los músculos es por lo tanto importante, ya que pudiera suponer alguna ventaja adaptativa para los atunes el demorar la diferenciación de la *retia mirabilia* o diferir su función hasta pasados períodos críticos del punto de vista energético, tal vez en la etapa larval o juvenil primaria. Similarmente, es probable que la etapa en la cual se desarrollan los músculos rojos internos, etapa que la Dra. Dickson cree ser un factor muy importante para la gran capacidad natatoria de los atunes, esté relacionada a la evasión de los predadores y a la captura de la presa.

La Dra. Dickson y miembros del personal de Achotines criaron en el laboratorio barriletes negros de longitud de captura de 10 a 20 mm hasta alcanzar distintos tamaños. Se capturaron estos especímenes de noche con luz artificial; se obtuvieron especímenes mayores remolcando curacanes

de un barco de investigación en alta mar. Se insertaron termocuplas en los peces para medir las temperaturas musculares máximas (T_m) y del agua ambiental (T_a), y se calcularon valores de T_x ($T_m - T_a$). Para catorce peces de entre 15.5 y 114.7 mm de longitud, el valor medio maximal de T_x fue 0.9°C, con una desviación estándar de 0.8°C. El pez más grande criado en el laboratorio, que alcanzó una longitud de 279mm, mostró una T_m significativamente elevada ($T_x = 3.8^\circ\text{C}$). Diez peces capturados en el mar, de entre 319 y 543 mm de longitud, mostraron valores máximos de T_x de entre 4.0 y 7.0°C. Estos datos sugieren que los barriletes negros adquieren la capacidad de elevar la temperatura de los músculos internos de forma significativa al alcanzar un tamaño de entre unos 115 y 279 mm.

Estudios sobre recursos de pargo

El personal de la CIAT está realizando un proyecto cooperativo con científicos de la Dirección General de Recursos Marinos (DGRM) panameña para estudiar algunas especies de peces costeros de importancia comercial en la Provincia de Los Santos de la República de Panamá. El objetivo de este proyecto es obtener datos fundamentales sobre la biología y capturas potenciales de estas especies. La industrialización reciente, principalmente relacionada con el perfeccionamiento del procesamiento y exportación de las capturas, y el posible ingreso de embarcaciones de mayor tamaño a la pesquería, hacen que sea deseable contar con estimaciones del rendimiento potencial. En 1986 se inició un programa de muestreo para estudiar y evaluar los recursos de pargo (familia Lutjanidae) y otras especies costeras. Un biólogo de la DGRM está recopilando información diaria sobre la captura, el esfuerzo, la longitud, y el peso. Estos datos básicos proporcionarán información sobre la composición por especie, composición por tamaño, factores que afectan la condición de la especie, y captura *versus* esfuerzo usando configuraciones alternativas de las artes de pesca, y variaciones estacionales de todos éstos. La especie más importante es *Lutjanus jordanii*; otras especies, capturadas en cantidades menores, incluyen *L. guttatus*, *L. argentiventris*, *L. novemfasciatus*, *Hoplopagrus güntheri*, *Rabirubia inermis*, y *Epinephelus* sp.

OCEANOGRAFIA Y ECOLOGIA DE LOS ATUNES

Condiciones de agua fría en el Pacífico oriental tropical

A las condiciones que constituyen la antítesis de un Niño se les denomina "anti-El Niño." En el Pacífico oriental tropical (POT), un anti-El Niño es precedido por una intensificación del sistema atmosférico de alta presión, el cual causa que los vientos de superficie sean más fuertes que de costumbre. Estos vientos fuertes refuerzan las corrientes superficiales del océano y aumentan la mezcla vertical y el afloramiento de agua más fría y rica en alimento a lo largo de la línea ecuatorial y en las regiones costeras de México y Centro- y Sudamérica. Un anti-El Niño es caracterizado también por termoclinas más cercanas que lo normal a la superficie del océano, y nivel del mar más bajo que de costumbre. Generalmente, un anti-El Niño se desarrolla al terminar un Niño, pero condiciones fuertes de anti-El Niño no siguen necesariamente a eventos intensos de El Niño. Por ejemplo, el Niño muy fuerte y extendido de 1982–1983 (véase Informe Anual de la CIAT de 1985) fue seguido por un anti-El Niño de intensidad solamente moderada en 1984 y 1985 (véanse Informes Anuales de la CIAT de esos años); al alcanzar el enfriamiento de las aguas su punto máximo, las anomalías negativas de las temperaturas de la superficie del mar (TSM)—desviaciones de las TSM medias mensuales de los promedios a largo plazo—no superaron los 2°C. En contraste, después del Niño débil de 1987, limitado principalmente a las aguas ecuatoriales al sur de 5°N (véase Informe Anual de la CIAT de 1987), se desarrolló un anti-El Niño fuerte a mediados de 1988.

Durante el primer trimestre de 1988, a medida que terminaba el verano austral, las TSM se fueron cambiando en grado menor a lo normal a lo largo de la línea ecuatorial y frente al litoral del Ecuador y Perú. Como resultado, comenzaron a aparecer anomalías negativas de las TSM en la región ecuatorial entre 5°N y 5°S al este de 150°W por primera vez en muchos meses. Esto fue una indicación temprana de que se estaba estableciendo de nuevo el afloramiento de las aguas a lo largo de la línea ecuatorial y en las zonas costeras del sur del Perú tras el Niño de 1987. En Manta (Ecuador), situado a latitud 1°S, las TSM fueron superiores a lo normal hasta fines de febrero de 1988, disminuyeron en marzo, aumentaron hasta llegar a ser superiores a lo normal en abril y mayo, y a continuación disminuyeron de nuevo, permaneciendo inferiores a lo normal desde junio hasta diciembre (Figura 35). En Paita (Perú), situado a 5°S, las anomalías negativas fueron mayores, y las TSM permanecieron inferiores a lo normal durante el año 1988 entero. En contraste, durante el Niño de 1987 las TSM fueron superiores a lo normal en estas y demás estaciones costeras del Ecuador y Perú. Las TSM fueron generalmente inferiores a lo normal frente al Ecuador y Perú durante el segundo trimestre de 1988, pero en otras partes del POT fueron casi normales, especialmente al sur de 5°S, donde habían sido entre 1° y 2°C superiores a lo normal durante el Niño de 1987. Al comenzar el tercer trimestre, las áreas con anomalías negativas de entre 2° y 4°C se estaban extendiendo hacia el norte y el sur, señalando una tendencia de enfriamiento general en la mayor parte del POT. En la Figura 36 se ilustra el alcance del enfriamiento en la región ecuatorial durante julio de 1988. Las muchas y dispersas anomalías negativas de las TSM en esta figura son también típicas de los otros meses entre fines del segundo trimestre de 1988 hasta el fin del año. En abril de 1987, 15 meses antes, la pauta de anomalías de las TSM era similar, pero las anomalías eran positivas en lugar de negativas (Informe Anual de la CIAT de 1987, Figura 21). Al llegar el cuarto trimestre las TSM eran inferiores a lo normal en casi todo el ARCAA (Figura 1), y a lo largo de la línea ecuatorial las TSM eran hasta 4°C inferiores a lo normal, señalando que estaba bien establecido un anti-El Niño en el POT.

El personal de la CIAT vigila ciertas variables oceanográficas y meteorológicas como parte de su evaluación continua de los efectos del ambiente sobre la pesca atunera en el POT. Además de las TSM, otros indicadores útiles de tendencias inminentes de calentamiento o enfriamiento de la capa superficial del océano son cambios en la profundidad de la termoclina, el nivel del mar, y la fuerza de la circulación atmosférica de superficie. En la Figura 37 se presentan datos sobre la variación anual en la profundidad de la termoclina, anomalías del nivel del mar, y el Índice de Oscilación del Sur (IOS) para 1987 y 1988. El nivel del mar está correlacionado inversamente con la fuerza de los vientos que soplan de este a oeste. El IOS (la diferencia entre las anomalías de la presión a nivel del mar (PNM) estandarizada de Darwin (Australia) y Tahiti) es una medida de la fuerza del sistema de PNM y la circulación de los vientos sobre el Pacífico sur. Las diferencias entre las condiciones del Niño (1987) y anti-El Niño (1988) pueden ser vistas en la Figura 37.

Durante el Niño débil de 1987, la profundidad de la termoclina fue mayor que el promedio a largo plazo (PLP) durante gran parte del año en la región ecuatorial al este de 100°W. Sin embargo, durante el verano austral de 1987-1988, la termoclina se encontró cerca del PLP, y a partir de mediados de 1988 marcadamente más cerca de la superficie que el PLP. El nivel del mar fue muy superior a lo normal durante 1987 entero; en enero de 1988 comenzó a bajar, y permaneció por debajo del nivel PLP en el ARCAA durante todo el año, con la excepción de un regreso hacia el nivel normal en julio. Las variaciones en la profundidad de la termoclina y el nivel del mar en 1987 y 1988 estuvieron relacionadas directamente a cambios en la circulación atmosférica y oceánica, representadas por el IOS. Durante 1987 este índice fue negativo, excepto en noviembre, pero en el segundo semestre se elevó hasta casi cero, indicando que el PNM y los sistemas de viento se estaban haciendo más fuertes sobre el Pacífico sur. Durante el primer trimestre de 1988 el IOS permaneció cerca de cero, en promedio, señalando así que el sistema de alta presión de superficie en el Pacífico sur había regresado a su fuerza normal. A partir de junio el índice se hizo positivo, y durante este período los vientos alisios del este en las zonas tropicales se hicieron considerablemente más fuertes. Como

resultado de esto, durante el segundo trimestre de 1988 las corrientes oceánicas llevadas por el viento se hicieron más fuertes, la termoclina subió hacia la superficie, y el nivel del mar retrocedió. Aumentó además el afloramiento a lo largo de la línea ecuatorial y frente al litoral del Ecuador y Perú, tal como sugieren las grandes anomalías negativas del TSM en la Figura 35. Todos estos indicadores confirman la presencia de condiciones de anti-El Niño en el POT durante el tercer y cuarto trimestre, y parece probable que persistirán durante gran parte de 1989.

Algunos efectos de los períodos de agua fría y cálida sobre la pesca atunera

El personal de la CIAT ha estado investigando algunos de los efectos de episodios de agua cálida (El Niño) y fría (anti-El Niño) sobre la abundancia de los atunes, su disponibilidad a la pesca, y su vulnerabilidad a la captura en el Océano Pacífico oriental. Se han compilado datos para el período de 1960 a 1988 sobre las capturas, el esfuerzo de pesca, capturas por unidad de esfuerzo (CPUE) de aleta amarilla y barrilete, y el ambiente oceánico para tres áreas de pesca intensiva: la zona cerca de la costa del Ecuador y el norte del Perú, el Domo de Costa Rica, y la zona comprendida en el triángulo formado por Cabo San Lucas, Cabo Corrientes (ambos en Baja California), y las Islas Revillagigedo. En cada una de estas áreas ha ocurrido una variación anual considerable en la captura de atunes y en el ambiente oceánico, especialmente durante eventos del Niño y anti-El Niño. Se están realizando estudios comparativos de las CPUE y las variables ambientales en las tres áreas para determinar los efectos de cambios en las condiciones oceánicas sobre la disponibilidad y/o vulnerabilidad de los atunes a la flota cerquera. Las comparaciones se basan en promedios mensuales de las TSM, dirección del viento, velocidad del viento, esfuerzo de pesca, CPUE, y otros datos. Se calculan los promedios mensuales a partir de los promedios semanales de cada uno de estos parámetros. A partir de estos promedios mensuales se han preparado secciones temporales que muestran la variación anual durante eventos del Niño y anti-El Niño, para estudiar las variaciones intra-anales entre el ambiente oceánico y las CPUE.

Estudios anteriores, descritos en los Informes Anuales de la CIAT de 1984, 1985, 1986, y 1987, sugieren que eventos del Niño y anti-El Niño afectan la disponibilidad y/o vulnerabilidad de los atunes a la pesca. Cambios en la dirección y/o velocidad del viento frente al litoral del Ecuador y el norte del Perú durante un Niño, por ejemplo, pueden afectar las tasas de captura. A medida que se intensifica un Niño, los vientos de superficie se hacen a menudo más fuertes, y viran del sur al oeste. Estos vientos empujan el agua de superficie hacia la costa al mismo tiempo que ocurren niveles del mar anormalmente altos. Esto causa un amontonamiento de las aguas en la zona costera, el cual, combinado con una termoclina más profunda, limita el afloramiento del agua subsuperficial, más fría y rica en alimento. Este afloramiento menos fuerte en las aguas costeras puede causar una reducción temporánea en la producción de alimento y, presuntamente, a una reducción en la cantidad de atunes disponibles y/o vulnerables a la flota cerquera. Se dedicará el resto de esta sección a una discusión de los efectos posibles del ambiente sobre la pesca del atún cerca del Domo de Costa Rica (DCR).

Este domo, situado a unas 200 millas al oeste de Nicaragua y Costa Rica, es una zona de agua más fría, rica en clorofila y plancton, que resulta de un afloramiento fuerte de agua subsuperficial cargada de alimento. Este afloramiento es provocado por el flujo de la Contracorriente Ecuatorial del Norte (CCEN) y corrientes generadas por el viento que suelen desviarse sobre el DCR e intensificar el afloramiento. La CCEN fluye hacia el este cerca de 5°N hasta 85°W, donde gira hacia el norte antes de alcanzar el litoral de Centroamérica; a la altura de 15°N vira hacia el oeste, siguiendo la costa sur de México. Dentro de este semicírculo, cerca de 10°N-90°W (el punto exacto varía según la fuerza de la corriente), agua fría subsuperficial es transportada hacia arriba por la divergencia superficial y la afluencia de agua de la CCEN bajo la superficie del DCR. Durante un Niño, en la primera mitad del año los vientos (que normalmente soplan del este) cambian al oeste y son menos fuertes que lo

normal. Estos vientos causan una convergencia de agua de superficie sobre el DCR, y por consiguiente una disminución del afloramiento y enriquecimiento alimenticio de las aguas superficiales. Durante un anti-El Niño, en cambio, los vientos soplan del este con más fuerza que de costumbre. Esto lleva generalmente a un aumento en el afloramiento y la producción de alimento sobre el DCR y las aguas adyacentes corriente abajo, y presuntamente a capturas mayores de atunes. Esto ocurre con mayor frecuencia durante el primer y cuarto trimestre del año. En la mayoría de los años la pesca de atunes suele ser buena en la periferia del DCR, donde las TSM y la producción de alimento alcanzan su nivel máximo, durante el primer y segundo trimestre. Durante el verano meridional los vientos del sur son fuertes, en asociación con las tormentas tropicales a lo largo de la Zona de Convergencia Intertropical, y es a menudo difícil pescar durante esta temporada. Mar agitado y tiempo malo para la pesca, causados por vientos fuertes de superficie, ocurren también con frecuencia entre diciembre y febrero, especialmente entre Nicaragua y el Golfo de Tehuantepec.

En la Figura 38 se presentan los valores medios mensuales de TSM, dirección del viento, y tensión del viento en el DCR correspondientes a 1975–1988, 1983, 1987, y 1988. Los datos de 1983 reflejan las condiciones durante el Niño más extendido y severo de la época moderna, los de 1987 incluyen un Niño débil limitado esencialmente a la región ecuatorial al sur de 5°N, y los de 1988 reflejan las condiciones durante el anti-El Niño más reciente. Se denomina tensión del viento a la fuerza que causa la mezcla en la capa superficial y que empuja el agua en la dirección del viento, y se estima a partir del cuadrado de la velocidad del viento. En la Figura 39 se presentan los valores medios mensuales de las CPUE de aleta amarilla, el esfuerzo de pesca, razón de lances positivos (RLP), y un índice de la disponibilidad y/o vulnerabilidad de los atunes a la pesca en una zona con un radio de 300 millas del centro del DCR en 1975–1988, 1983, 1987, y 1988. Las RLP son la proporción de lances positivos (con captura) al número total de lances sobre aletas amarillas. Se calcularon los índices de disponibilidad-vulnerabilidad mediante $CPUE/(1 - RLP)$; CPUE y/o RLP mayores producen por lo tanto índices más elevados, y CPUE y/o RLP menores índices más bajos.

Las TSM en el área del DCR fueron superiores a lo normal durante todo 1983, y los vientos soplaron del oeste entre marzo y mayo (Figura 38). La tensión del viento fue inferior a lo normal durante el primer trimestre, aproximadamente normal durante abril y mayo, y superiores a lo normal entre agosto y diciembre. El Niño de 1983, descrito más detalladamente en los Informes Anuales de 1983 y 1984, contribuyó aparentemente a una reducción en el afloramiento y enriquecimiento alimenticio, especialmente entre noviembre de 1982 y mayo de 1983. Sin embargo, durante la segunda mitad de 1983 el Niño comenzó a disminuir; los vientos comenzaron a soplar de nuevo del este y se hicieron más fuertes, especialmente a partir de agosto. El esfuerzo de pesca fue bajo a partir de marzo, debido a que una gran parte de la flota cerquera se había trasladado al Pacífico occidental, donde la pesca era relativamente buena (Figura 39). Las CPUE fueron bajas durante todo 1983, pese a que las RLP fueron aproximadamente normales entre marzo y julio. Los índices de disponibilidad-vulnerabilidad fueron bajos durante el año entero, alcanzando un máximo entre marzo y julio, cuando las RLP fueron normales. La pobreza de la pesca alrededor del DCR durante 1983 se cree haber sido debido principalmente al Niño severo que comenzó durante el último trimestre de 1982. La atenuación del Niño al fin del año ayudó aparentemente a incrementar el afloramiento y enriquecimiento alimenticio a partir del tercer trimestre de 1983, ya que la CPUE media anual aumentó de 2.8 toneladas/día en 1983 a 14.9 toneladas/día en 1984.

Ya que el Niño débil de 1987 afectó el POT solamente al sur de 5°N, las TSM y la dirección de los vientos fueron casi normales y la velocidad de los vientos superior a lo normal en el DCR durante la mayor parte de 1987 (Figura 38). La tensión del viento fue naturalmente también superior a lo normal, especialmente en enero y febrero. El enriquecimiento nutritivo fue probablemente mayor que de costumbre en 1987; ésto se ve apoyado por el hecho que la termoclina se encontró unos 15 metros menos profunda que lo normal cerca del DCR, a pesar de que al sur de 5°N y al este de 135°W estuvo unos 20 metros más profunda que lo normal. (La información sobre la profundidad de la

termoclina cerca del DCR durante 1987 y 1988 fue confirmada por resultados preliminares basados en datos tomados por batitermógrafos desechables (XBT) durante cruceros de investigación realizados por el NMFS de los Estados Unidos en el Pacífico oriental. D. W. Behringer, del Atlantic Oceanographic and Meteorological Laboratory, U.S. National Oceanographic and Atmospheric Administration, Miami, Florida, EE.UU. proporcionó un resumen de los datos de XBT.) El esfuerzo de pesca fue más o menos normal, aunque bajo durante el segundo trimestre y alto en noviembre y diciembre (Figura 39). Las CPUE fueron muy superiores al promedio en cada mes excepto junio, y las RLP fueron superiores al promedio en cada mes excepto septiembre, cuando el esfuerzo fue bajo. Como resultado de esto, el índice de disponibilidad-vulnerabilidad fue extraordinariamente elevado entre enero y abril, y permaneció superior al promedio de allí en adelante.

Durante 1988 las condiciones oceánicas en el DCR fueron similares a las de 1987, excepto que las TSM fueron inferiores a lo normal a partir de mayo y la tensión del viento fue mayor que en 1987 en el segundo y tercer trimestre (Figura 38). El hecho que las TSM fueron inferiores a lo normal a partir de febrero de 1988 y que la termoclina se encontraba unos 15 o 20 metros más cerca de la superficie (Figura 37, y comunicación personal de D. W. Behringer) sugieren que el afloramiento fue más intenso que en 1987. El esfuerzo de pesca fue inferior al lo normal entre enero y mayo (Figura 39), pero las CPUE fueron muy superiores al promedio, y las RLP fueron similares a las de 1987 entre abril y agosto. El índice de disponibilidad-vulnerabilidad subió marcadamente del promedio a partir de febrero, alcanzando su valor máximo en abril, cuando la CPUE y la RLP fueron elevadas. Con la llegada del verano meridional las CPUE y RLP disminuyeron, aunque el esfuerzo aumentó. El índice de disponibilidad-vulnerabilidad disminuyó también hasta septiembre, pero permaneció muy superior al promedio. La pesca se ve frecuentemente limitada por tormentas tropicales y mar agitado al norte de 5°N durante el verano meridional, pero en 1987 y 1988 se continuó pescando durante el verano entero. Para aquellos años el índice de disponibilidad-vulnerabilidad promedio anual fue unas 10 veces mayor de lo que fue en 1983.

INVESTIGACIONES ATUN-DELFIN

Las responsabilidades de la Comisión abarcan la investigación de los problemas ocasionados por la relación atún-delfín en el Océano Pacífico oriental (OPO), descrita en la página 205.

Toma de datos

Técnicos científicos de la CIAT acompañan a barcos cerqueros de aquellas naciones que colaboran en el programa y que pescan atunes asociados con delfines en el OPO. Los técnicos recolectan datos sobre la mortalidad incidental de delfines, la abundancia de los mismos, y el esfuerzo de pesca. Se intenta obtener una muestra representativa de todos los viajes de pesca para minimizar la varianza y los sesgos de las estimaciones de la abundancia y mortalidad de los delfines. En 1988 técnicos de la CIAT acompañaron cerqueros con bandera de Ecuador, El Salvador, España, los Estados Unidos, México, Panamá, Vanuatu, y Venezuela. Los barcos estadounidenses llevaron también observadores del programa de delfines realizado por el National Marine Fisheries Service (NMFS) de los Estados Unidos.

En la Tabla 18 se resume la cobertura muestral en 1988 lograda por ambos programas de todos los viajes realizados por barcos cerqueros de la clase 6 de arqueo (capacidad >400 toneladas cortas) de la flota internacional. En total se muestrearon 223 viajes en el curso del año, 181 por la CIAT y 42 por el NMFS. Esto resultó en un nivel de cobertura de un 40% en 1988, incluyendo viajes que comenzaron en 1987 y continuaron en 1988 y aquellos que comenzaron en 1988 y no terminaron hasta 1989.

El nivel de muestreo deseado para las flotas no estadounidenses en 1988 fue de 33%. Con este nivel de cobertura, los grados de error en las estimaciones de mortalidad y abundancia relativa son aceptables. El nivel de muestreo real fue un 35% para estos barcos. Para la flota estadounidense el NMFS dictó una cobertura al 50%, tarea compartida en partes iguales por la CIAT y el NMFS. Todas las flotas nacionales que pescaron en el OPO en 1988 participaron en el programa a, o cerca de, el nivel 33%, excepto una: la excepción fue un barco coreano que ingresó a la pesquería hacia fines del año y realizó solamente un viaje de pesca.

Entrenamiento de técnicos científicos

En 1988 se realizaron siete cursos de entrenamiento de técnicos científicos en la toma de datos a bordo de barcos cerqueros. Dos de ellos tuvieron lugar en Ensenada (México), uno en enero y el otro en noviembre, a los cuales asistieron en total 45 técnicos mexicanos. Se realizó un curso en abril en Guayaquil (Ecuador) para 18 técnicos ecuatorianos, otro en Cumaná (Venezuela) en agosto para 10 técnicos venezolanos, y dos en Panamá, en enero y octubre, para 4 técnicos panameños. Los técnicos fueron instruidos en la identificación de mamíferos marinos y atunes, los requerimientos y procedimientos para la toma de datos, la estimación del tamaño de las manadas de mamíferos marinos, el equipo y las faenas de pesca, y el protocolo y seguridad a bordo. En febrero se realizó un curso para 11 técnicos estadounidenses en La Jolla, California (EE.UU.); éstos fueron entrenados en los procedimientos de toma de datos de la CIAT y la estimación del tamaño de las manadas de mamíferos marinos, suplementando la instrucción recibida del NMFS.

Programa de artes de pesca

El personal del programa de artes de pesca participó en alineaciones del paño de protección de delfines (PPD) y revisiones del equipo de protección de delfines en 25 barcos de la flota internacional, con banderas de Ecuador, España, México, Vanuatu, y Venezuela. Se envía al armador del barco un informe en el cual se detallan los resultados de la alineación y revisión, junto con recomendaciones (en caso necesario) para mejorar el equipo y/o desempeño del mismo. El informe contiene la información siguiente:

1. Dimensiones de la red;
2. Tipo y dimensiones del PPD;
3. Ubicación y condición del PPD;
4. Presencia de una balsa de rescate de delfines, máscaras de buceo, y esnórqueles;
5. Presencia de un reflector de vapor de sodio de alta potencia;
6. Presencia de lanchas equipadas para remolcar la red; y
7. Alineación correcta o incorrecta del PPD.

Se incluye también un diagrama del extremo de proa de la red, donde se ubica el PPD.

El personal de este programa pasó muchas horas conversando con capitanes, tripulantes y gerentes de barcos sobre la reducción de la mortalidad de delfines por medio del uso de equipo y técnicas que se saben ser eficaces. Muchas de estas discusiones tuvieron lugar durante lances de prueba realizados para alinear el PPD.

Se ofrecen además otros servicios para ayudar a barcos individuales y flotas reducir la mortalidad de delfines. Se dispone de literatura y cintas video sobre el tema en las oficinas de la CIAT, y también de reflectores de alta intensidad, a usar en retrocesos realizados de noche. Con el permiso del capitán en cuestión, se preparan y proporcionan a los armadores informes detallados de viajes de pesca individuales, para permitir la evaluación del desempeño del capitán y del barco. Los miembros del personal del programa se ofrecen también para seminarios sobre la reducción de delfines para grupos de capitanes de barcos e industriales.

Mortalidad incidental de delfines

Se calcularon las estimaciones de la mortalidad de los stocks principales de delfines, incidental a la pesca atunera, usando los métodos descritos en Informes Anuales previos de la CIAT. Dicha mortalidad (Tabla 19) disminuyó en comparación con aquellas de 1986 y 1987, detalladas en los Informes Anuales de los años correspondientes. Usando la razón de mortalidad por lance (MPS), los valores totales fueron un 20% inferiores a aquellos de 1987 y un 40% inferiores a aquellos de 1986. Usando la razón de mortalidad por mil toneladas de aleta amarilla (MPT), los valores totales fueron un 25% inferiores a aquellos de 1987 y un 35% inferiores a aquellos de 1986.

El número de lances realizados sobre atunes asociados con delfines (denominados "lances sobre delfines" de ahora en adelante) fue casi idéntico en 1986 y 1988. La reducción de 40% en la mortalidad se debe por lo tanto enteramente a una reducción en la razón de MPS. La reducción en la mortalidad total entre 1987 y 1988 (20%) se debe en parte a una reducción en el número de lances (– 16%) y también a una reducción en la razón de MPT (– 4%).

El tonelaje de aleta amarilla capturado en lances sobre delfines disminuyó en casi un 20% en 1988 comparado con 1987, mientras que los totales de 1986 y 1987 fueron casi idénticos. Si se comparan las mortalidades totales de estos años, se puede ver que la reducción en la mortalidad observada en 1988 relativa a 1987 (– 25%) resulta parcialmente de una reducción en el esfuerzo de pesca (– 20%) y parcialmente de una reducción en la razón de MPT (– 5%).

Aunque las estimaciones de la mortalidad total de 1988 son significativamente inferiores a aquellas de 1986 y 1987, son mayores que aquellas de los primeros años de la década. Entre 1979 y 1984, el número de lances sobre delfines osciló entre 4,000 y 8,000 cada año, mientras que entre 1985 y 1988 fluctuó entre 10,000 y 12,500. Dado el mayor nivel de esfuerzo en años recientes, será necesario reducir la MPS todavía más para conseguir que la mortalidad total siga disminuyendo. Las circunstancias que causaron la alta mortalidad total en 1986 han cambiado; es decir, la captura media de atún aleta amarilla en lances sobre delfines en 1988 fue tan sólo dos tercios de lo que fue en 1986.

Otras comparaciones entre 1987 y 1988, basadas en datos del programa de técnicos científicos, son las siguientes:

1. La proporción de lances sobre delfines disminuyó (68.5% en 1987, 49.1% en 1988; prueba *t*, $P < 0.001$).
2. La proporción de la captura total de aleta amarilla tomada en asociación con delfines también disminuyó (61.8% en 1987, 56.0% en 1988; prueba *t*, $P < 0.001$).
3. La proporción de lances sobre delfines comunes aumentó (5.2% en 1987, 7.9% en 1988; prueba *t*, $P < 0.001$).
4. El tamaño medio de las manadas de delfines capturadas aumentó considerablemente (407 en 1987, 477 en 1988; prueba de Van der Waerden, $P < 0.001$).

Otras variables de interés, entre ellas la captura media en lances sobre delfines, duración media de los lances, proporción de lances nocturnos, y proporción de lances con corrientes fuertes, permanecieron a niveles similares a aquellos de 1987.

Diseño del muestreo

Al comenzar un viaje, no se sabe donde pescará el barco, ni por cuanto tiempo estará navegando, ni cuántos lances hará sobre delfines, ni sobre cuál especie o stock de delfines, etc. Todas estas incertidumbres deben ser consideradas en el diseño, pero es imposible muestrear una proporción fija de los lances, de los días en el mar, etc. La unidad de muestreo es un viaje, que resultará en un cierto número de días en el mar, un cierto número de lances sobre delfines, y una cierta captura en estos lances. Aunque fuera más deseable utilizar otra unidad de muestreo, menos

variable que un viaje, restricciones prácticas limitan la elección, y se ha de elegir entre un número restringido de métodos de estimación, concretamente:

1. Computar la mortalidad promedio por viaje y multiplicarla por el número total de viajes para estimar la mortalidad total. Ya que la duración de un viaje puede variar entre años, estaciones, flotas, áreas, *etc.*, este método tiene una varianza muy alta, lo que lo hace una alternativa pobre comparado con los otros.
2. Computar la mortalidad promedio por día en el mar y multiplicarla por el número total de días en el mar de la flota entera (obtenidos de registros de salidas y llegadas) para estimar la mortalidad total. Esto es una mejora con respecto al método (1), porque elimina la duración del viaje como una de las fuentes de heterogeneidad. Existe una buena correlación entre días en el mar y actividad de pesca, aunque está lejos de ser perfecta, ya que los días en el mar se pueden pasar no sólo pescando sino que también navegando hacia los bancos de pesca, capeando tormentas, derivando debido a una avería, *etc.*, o pescando atunes asociados con objetos flotantes o solamente con otros atunes (denominados "lances sobre cardúmenes"). Este método no usa información sobre el lugar de pesca, y es por lo tanto imposible una estratificación espacial. El NMFS usa este método para obtener sus estimadores en tiempo real de mortalidad de delfines para la flota de los EE.UU.
3. Computar la mortalidad promedio por lance (MPS) sobre delfines, y multiplicarla por una estimación del número total de lances sobre delfines para estimar la mortalidad total. Se usan este método y el método (4) con datos tomados en el mar por técnicos científicos, una vez terminados los viajes. Usando los lances como la medida de la actividad de pesca se eliminan muchas de las incertidumbres y ambigüedades de los días en el mar; y usando solamente los datos de lances sobre delfines, se elimina el esfuerzo dirigido a atunes no asociados con delfines. Ya que se conoce la posición de los lances y sobre cuál especie o stock se lanzó, se puede estratificar por área y por especie o stock de delfín, y asignar la proporción adecuada del esfuerzo total al preparar las estimaciones.
4. Computar la mortalidad promedio por tonelada de pescado (ya sea aleta amarilla, o la suma de aleta amarilla, barrilete, y patudo) capturado en lances sobre delfines. En este informe los cálculos se basan en el aleta amarilla únicamente. Esta valor se multiplica por una estimación de la captura total en lances sobre delfines para estimar la mortalidad total. Este método tiene las mismas ventajas que (3), y supera los problemas causados por el hecho de que la mortalidad en un lance está correlacionada con la magnitud de la captura. Por conveniencia se expresa esta razón como mortalidad por 1000 toneladas cortas (MPT) de aleta amarilla capturado. Se obtiene una cifra entera que corresponde aproximadamente a la captura total de aleta amarilla en un viaje. En otras publicaciones se ha usado frecuentemente mortalidad por tonelada.

En informes preparados por el personal de la CIAT se usan los métodos (3) y (4). Se usan únicamente datos verificados y corregidos (se eliminan datos basados en, por ejemplo, identificaciones incorrectas de especie o stock). En la mayoría de los años, las estimaciones derivadas por los dos métodos son parecidas, y sus coeficientes de variación (Tabla 20) son similares.

Efecto del observador

Al estimar la mortalidad se supone que la presencia o ausencia de un observador no afecta el área de pesca, los tipos de lance, el uso de equipo y procedimientos para reducir la mortalidad de delfines, *etc.* Es imposible una verificación completa de la validez de este supuesto. A mediados de los años 80, científicos del NMFS trataron el problema enfocándolo desde el punto de vista del potencial del observador para generar una sanción, comparando períodos con distintas premisas, y también datos tomados por observadores del NMFS y de la CIAT, ya que los primeros pueden ocasionar sanciones legales y los últimos no. Si la presencia de un observador, con la probabilidad asociada de

ser sancionado por infracciones, *etc.*, causa un cambio en el comportamiento, entonces un observador del NMFS debería registrar niveles de mortalidad inferiores a aquellos registrados por los técnicos de la CIAT, cuyas normas de confidencialidad les prohíben divulgar infracciones. Desafortunadamente, tenían a su disposición sólo una serie de tiempo muy limitada para algunas comparaciones, y el último año de la serie tenía los valores más altos de MPT de todo el período, lo que probablemente complicó el análisis. Se puede realizar una otra prueba comparando los valores para la flota de los EE.UU. de observadores del NMFS y de la CIAT para 1979–1988 (Figura 40); se ve claro de estos datos que la mortalidad de los barcos con observadores del NMFS no fue inferior a aquella de los barcos con técnicos de la CIAT.

Otra comparación más se ha iniciado, tratando de descubrir diferencias entre viajes con o sin observadores con distintas áreas de pesca, proporción de lances sobre delfines, duración de los viajes, tamaño de las capturas, *etc.*, buscando posibles evidencias de cambios en el comportamiento de los pescadores.

Los componentes de las estimaciones de mortalidad

Como se mencionó antes, todos los métodos estadísticos usados para estimar mortalidad a partir de una muestra de viajes tienen dos componentes. El primero mide la cantidad total de actividad de la flota expresada como viajes, días en el mar, número de lances sobre delfines, o tonelaje de aleta amarilla capturado. Esto está directamente correlacionado con la mortalidad total. Por ejemplo, un año con más lances sobre delfines tendrá una mayor mortalidad que otro con menos lances, si todos los otros factores permanecen inalterados. El segundo componente mide la mortalidad producida por una unidad de actividad pesquera (un viaje, un día en el mar, un lance sobre delfines, o una tonelada de aleta amarilla capturada).

La mortalidad total es el producto de estos dos componentes, por lo que cambios en cualquiera de ellos tienen un efecto en los estimadores. Se discutirán brevemente algunos de los principales factores que afectan estos dos componentes, enfocando en las razones de MPS y MPT.

Factores que afectan la magnitud del esfuerzo sobre delfines

Las capturas resultantes de los tres modos de pesca son usualmente bastante diferentes en la composición por especies y en la distribución de longitud de los aletas amarillos capturados (Figura 43). Lances sobre objetos flotantes habitualmente producen barriletes asociados con aletas amarillas pequeños (menor de 70–80 cm). La composición por especie y tamaño de atunes capturados en lances sobre cardúmenes es similar a aquella de los lances sobre objetos flotantes, pero la distribución de tamaños es más amplia, y su moda ligeramente mayor. Lances sobre delfines producen casi exclusivamente aletas amarillas, generalmente considerablemente mayores que aquellos capturados en otros tipos de lances. Las enlatadoras pagan mejores precios por aletas amarillas grandes, al menos en algunos años, porque rinden más con menos mano de obra. En años recientes, la diferencia entre los precios de aleta amarilla grande y pequeño ha sido bastante grande, influyendo en la selección del modo de pesca por los pescadores. La Figura 42 muestra la proporción de lances sobre delfines, objetos flotantes, y cardúmenes, y la proporción del tonelaje total capturado en cada tipo de lance durante 1979–1987. Cuando la diferencia de precio es grande, tal como en años recientes, el esfuerzo se concentra en peces asociados con delfines, resultando en más lances y toneladas capturadas en ellos. En años anteriores, cuando la diferencia de precios era menor, la proporción de lances efectuados sobre delfines también fue mucho menor. En 1988, la proporción del esfuerzo sobre delfines disminuyó marcadamente en comparación con 1986, cuando la mortalidad fue extraordinariamente elevada.

Otro factor que puede afectar el nivel de esfuerzo sobre delfines es el hecho de que en algunos años la asociación entre atunes y delfines parece ser más débil. Un buen ejemplo de esto es el período 1982–1983, cuando un intenso evento de El Niño afectó significativamente la pesquería. El área al

oeste del Golfo de Tehuantepec, una de las principales áreas de pesca de atunes asociados con delfines, fue muy poco productiva, y la pesca sobre delfines declinó considerablemente. No se conocen con certeza las razones de esto, pero los cambios en condiciones oceanográficas, especialmente en la profundidad de la termoclina, pueden haber causado que los atunes descendieran a mayor profundidad y fueran así menos disponibles a las artes de superficie, o tal vez los cambios en las corrientes trasladaron los bancos de pesca productivos a áreas que no son normalmente explotadas por la flota.

Factores que afectan la MPS o MPT

Son muchos los factores que influyen estas razones, por lo que se discutirán sólo algunos de los principales. La descripción que sigue no es satisfactoria desde el punto de vista estadístico, pero las características de los datos hacen difícil aplicar métodos más sofisticados. En primer lugar, muchos de los factores tratados a continuación están estadísticamente ligados, es decir que no es posible separar los efectos de los distintos factores. Por ejemplo, si se captura una gran cantidad de atunes en un lance, aumenta la probabilidad de que se extienda la duración del mismo, que involucre una mayor cantidad de delfines, que termine en la obscuridad, y que ocurra una avería. Además, distintas especies o stocks tienen manadas de diferentes tamaños y habitan diferentes áreas. La pesca en algunas áreas y sobre algunas especies o stocks ocurre sólo durante parte del año, por lo que no pueden separarse completamente los efectos de especie o stock, o espaciales o temporales. Esto hace difícil saber precisamente cuáles son los mecanismos causa-efecto que resultan en razones altas o bajas.

Las aproximaciones tradicionales a este tipo de problema, tal como análisis de varianza múltiple, son prácticamente inaplicables dado el gran número de celdas vacías y la tremenda falta de balance del diseño. Técnicas de análisis multivariado, que a veces son adecuadas para tratar con problemas de este tipo, no son buenas para identificar relaciones causa-efecto. Debido a estos problemas, se analizó cada variable por separado, tratando cada una como si fuera la única afectando los resultados. En el futuro se realizará un análisis más sofisticado.

Captura de aleta amarilla en el lance

La Figura 43 muestra el efecto de la cantidad de aleta amarilla capturada sobre los valores de MPS y MPT. La MPS aumenta rápidamente desde un valor de menos de 3 animales por lance cuando las capturas son bajas (1 a 10 toneladas), hasta cerca de 65 animales cuando las capturas son altas (>100 toneladas). Claramente, años en los cuales los atunes forman cardúmenes más grandes resultarán en mayores capturas promedio por lance, pero también valores de MPS más altos. En años recientes, la captura promedio en lances sobre delfines ha sido cerca del doble de lo que era en los primeros años de la década, y los valores de MPS han aumentado. Los valores de MPT son altos para capturas bajas y altas, y menores para capturas intermedias.

Tamaño de la manada de delfines capturada

La Figura 44 muestra los valores de MPS y MPT con distintos tamaños de manada de delfines capturada. Ambos aumentan con el tamaño de la manada.

Especie o stock capturado

Varias especies o stocks de delfines se asocian con atunes en el OPO. Algunos de los stocks ocupan una gran parte del área de la pesquería; otros están presentes solo en zonas restringidas. Las Figuras 45–48 muestran la distribución de lances y los valores promedios de MPS para los stocks principales durante el período 1979–1988. Hay dos fuentes de heterogeneidad evidentes en estos mapas: 1) diferentes especies o stocks tienen diferentes niveles de MPS; y 2) una especie o stock puede tener diferentes niveles de MPS en distintas áreas. Se tratará la primera fuente aquí, y a la segunda en la sección siguiente.

La MPS media es mayor para delfines comunes que para los manchados o tornillos (Tabla 21). El tamaño medio de grupos de delfines comunes (cerca de 500) es mayor que el de los otros stocks o especies (manchados, 400; tornillos orientales, 160; tornillos panza blanca, 180) y su comportamiento más activo en la red aumenta la probabilidad de que queden enmallados o atrapados. El porcentaje de lances realizados sobre delfines comunes ha sido mayor en años recientes (Tabla 22).

Otras especies de delfines mueren también, pero el número de lances en que son capturadas es tan pequeño que no se pueden hacer estimaciones separadas. Se las incluye globalmente bajo la denominación "otros delfines."

Area de captura

Las Figuras 45 a 48 muestran la distribución y valores promedio de MPS para los principales stocks afectados por la pesquería. Una comparación de estos mapas con la Figura 49, que muestra la distribución de lances sobre delfines, señala que las áreas con más lances tienen valores de MPS más bajos, y viceversa. Se cree que el comportamiento de los delfines se ve afectado por la actividad pesquera en el área de manera que se reduce la mortalidad, debido tal vez al aprendizaje por parte de los delfines.

Sea cual sea la explicación, esta fuente de heterogeneidad debe ser considerada en el tratamiento estadístico de los datos. Para stocks con alta variabilidad espacial se identificaron varias áreas geográficas, dentro de las cuales los valores de MPS eran relativamente homogéneos. Se estimaron las mortalidades para cada área, y se sumaron estas estimaciones para obtener la estimación de la mortalidad total de cada especie o stock.

Para aquellos stocks cuya mortalidad ocurre solamente en algunas secciones de las zonas de pesca, se usa únicamente el esfuerzo en esas secciones en las estimaciones.

Finalmente, cuando no hay un patrón claro de variación de la MPS, o los datos no son suficientes para la estratificación, se deben usar los datos del área entera sin estratificación espacial.

Bandera del barco

Estimaciones de mortalidad hechas años atrás incluían una estratificación basada en la bandera del barco. El razonamiento que llevó a esto se basaba en el supuesto de que países con diferentes niveles de reglamentación o de aplicación de la ley podrían tener distintos niveles de mortalidad. Ya que el tamaño de las muestras no era suficiente para separar país por país, se utilizó una clasificación entre los EE.UU. y los otros países, a pesar del hecho de que ésta última era en sí misma categoría muy heterogénea. Barcos de distintas banderas suelen pescar en distintas zonas, y se tiene que tomar esto en cuenta, ya que ha sido comprobado que las tasas de mortalidad son diferentes en diferentes áreas. Para verificar si existían diferencias entre banderas (al nivel crudo de estadounidense y no estadounidense) se efectuó una serie de pruebas estadísticas que mostraron que, al comparar los datos de cada área, en la mayoría de los casos no existían indicaciones estadísticas de que los valores de MPS fueran diferentes para los dos grupos. La conclusión fue que si las muestras eran limitadas, estratificar por área era mucho más razonable que estratificar por bandera, y que las diferencias entre banderas, si existían, deberían ser tratadas usando un diseño de muestreo que permite un muestreo proporcional de los barcos de todas las banderas.

En años recientes la cobertura de muestreo de la flota de los EE.UU., determinada por el NMFS, ha sido muy variable, debido a cambios en sus normas. Los niveles de muestreo han ido del 40% al 100%, se redujeron al 50%, y subieron de nuevo al 100%. Esto genera un sesgo al alterar la proporción de muestras de la flota de los EE.UU., y también porque en ocasiones puede cambiar el comportamiento de dicha flota, al responder ésta a una cuota de mortalidad, *etc.* Se reemplazó por lo tanto el propósito de muestrear todas las flotas al mismo nivel por una estratificación que separara a los EE.UU. de los otros países. Al revisar los datos para años anteriores para expresar los resultados por stock, tal como sugirió la Comisión Ballenera Internacional (CBI), se decidió utilizar una

estratificación por bandera para los años en que el tamaño de muestras era adecuado (1986 al presente). Datos de mortalidad para este último período se estimaron por bandera, y los resultados se sumaron para computar el total de la flota internacional.

Hora de la captura (lances diurnos versus nocturnos)

Se definen lances nocturnos como aquellos en que la maniobra de retroceso termina en la obscuridad. Debido a las dificultades adicionales que la obscuridad causa para el esfuerzo de rescate de los delfines, y tal vez también a causa de un cambio en el comportamiento de los delfines, el número de delfines que queda en la red luego del retroceso es mucho más alto que en los lances diurnos (8.6 *versus* 3.9). En la Tabla 23 se presentan otras comparaciones entre lances diurnos y nocturnos.

Duración de los lances

La mortalidad es más alta en los lances más largos que en los más rápidos. En la Tabla 24 se presentan valores de MPS y MPT para lances con distintas duraciones de la maniobra de retroceso, que en promedio dura unos 15 minutos. Retrocesos largos son infrecuentes, y ocurren generalmente cuando se capturan manadas grandes de delfines o cuando se sufre una avería en el equipo de pesca, por lo que no es posible concluir que la única causa de la alta mortalidad es la duración del lance. Sin embargo, es obvio que mientras más tiempo permanezcan los delfines dentro de la red, más probable será que se enmallen.

Presencia de corrientes fuertes

Las corrientes fuertes afectan el comportamiento y la manipulación de la red, y pueden causar colapsos de ésta. En la Tabla 25 se presentan datos sobre la mortalidad en lances con corrientes fuertes y con condiciones normales.

Averías del equipo

En la Tabla 26 se presentan datos sobre la mortalidad en lances normales y en aquellos en que ocurrieron averías menores y mayores.

Alineamiento del paño de malla fina

El paño de malla fina cubre el extremo del canal de retroceso. Es muy efectivo para reducir la mortalidad de delfines si está alineado correctamente, pero si está sin alinear, su eficiencia decrece rápidamente. En la Tabla 27 se presentan datos sobre la mortalidad en lances realizados con y sin el paño de protección alineado.

Uso de procedimientos para salvar delfines

El uso correcto de todos los procedimientos para salvar delfines habitualmente resulta en reducciones considerables de la mortalidad. También contribuye a esto el prevenir que ocurran colapsos o abultamientos de la red o contrarrestarlos si suceden. Lances con colapsos de la red promedian valores de MPS de 15.8 y de MPT de 866; lances con abultamientos un MPS de 19.9 y un MPT de 1134. Lances en los cuales no se usa una balsa en el canal de retroceso tienen una MPS de 11.6 y una MPT de 780, comparados con 5.1 y 330, respectivamente, para aquellos en los cuales sí se usa.

Simulaciones

Sesgos relativos

Se sabe que los estimadores de razón frecuentemente son sesgados. Existen varias alternativas para reducir el sesgo, entre ellas modificaciones de la fórmula básica usada para computar la razón, y el uso de técnicas de remuestreo como los métodos de "jackknife" y "bootstrap." Para explorar este problema se hicieron varias simulaciones, combinando datos de varios años y muestreando de este conjunto conocido. En una primera ronda de simulaciones, se compararon los resultados obtenidos con la versión clásica de la fórmula, variantes usando el "jackknife" y el "bootstrap," y fórmulas propuestas por Mickey, Hartley-Ross, Tin, Pascual, y Beale. De los ocho métodos posibles, se seleccionaron los tres que produjeron los sesgos más pequeños, concretamente Hartley-Ross, Pascual, y la versión "bootstrap" de la fórmula clásica.

La fórmula clásica puede ser expresada como la razón de las medias de las variables en el numerador y denominador, o también como la razón de sus sumas. El procedimiento llamado "bootstrap" consiste en muestrear repetidamente y con reemplazo de la base de datos de viajes. Las repeticiones permiten calcular los errores estándar sin necesidad de hacer un conjunto de supuestos sobre la distribución de las variables. Estos errores estándar pueden usarse para generar un intervalo de confianza del 95% usando una aproximación a la distribución normal y poniendo dos veces el error estándar a cada lado del valor estimado. Alternativamente, se puede usar un número alto de réplicas (generalmente 1000 o más) para generar un intervalo de confianza por el método de "Monte Carlo," en el cual se define tal intervalo como el par de valores que marca los percentiles 2.5 y 97.5 de la distribución de resultados. Si la distribución es razonablemente simétrica, la aproximación normal y los intervalos de Monte Carlo coinciden. Ya que fue así para los datos de delfines, se utilizó la aproximación normal porque requiere un número menor de réplicas. Además de ser útil para estimar varianzas e intervalos de confianza, el método "bootstrap" puede ayudar a reducir el sesgo en las estimaciones, y es por esta razón que se introdujo aquí.

Las fórmulas de Hartley-Ross y de Pascual usan factores de corrección que se aplican a la fórmula tradicional. Como no existe una "receta" definitiva que indique en qué caso debe usarse cada una, se dejó que las simulaciones demostraran cuáles son las que se comportan mejor con los datos.

La Tabla 28 muestra los resultados de las simulaciones efectuadas para los datos de MPS y MPT correspondientes a los delfines tornillo oriental y manchados de alta mar, usando las tres fórmulas (clásica, Hartley-Ross, y Pascual) en su versión "bootstrap" para distintos años. De los datos en la tabla se puede concluir:

1. Los valores de sesgo relativo son en general bajos para coberturas de más del 20%.
2. A tamaños de muestras bajos, los sesgos tienden a ser positivos, indicando que la sobreestimación es más probable que la subestimación.
3. Hay una considerable variación entre años, pero las tendencias permanecen similares.
4. La fórmula de Pascual es algo mejor que las otras a los niveles de muestreo más bajos para MPT.
5. A niveles de muestreo más altos, la fórmula de Pascual tiene de nuevo ligeras ventajas sobre las otras dos.
6. Dados (4) y (5), y el hecho de que MPT parece ser más importante que MPS por su inclusión en la mayoría de los programas de administración, se decidió usar la versión "bootstrap" de la fórmula de Pascual para todas las estimaciones.

Varianza versus tamaño muestral

Luego de seleccionar los tres enfoques más promisorios, se realizó una segunda ronda de simulaciones, cada una de las cuales contenía datos de más de un año. Se usaron datos de tres grupos, denominados 1979, 1980, 1981, a razón del primer año para el cual se incluyeron datos.

Trabajando con tres años diferentes aseguró que los resultados no estarían demasiado influenciados por los datos de un año individual. Para comparar las tres fórmulas en términos similares, se utilizó la versión “bootstrap” de todas ellas. A partir del conjunto de 100 viajes, se escogió una muestra al azar con reemplazo, y este proceso se repitió 1000 veces. Los niveles de muestreo usados fueron del 5 al 40% a intervalos de 5%, y desde el 40 al 90% a intervalos de 10%. Para cada réplica se calcularon los valores de MPS y MPT para el delfín manchado de altamar y el tornillo oriental, usando las tres fórmulas. Los resultados promedio de estas réplicas se compararon con el valor real conocido para estimar el sesgo.

Las Figuras 50 a 52 muestran algunos ejemplos de la varianza con diferentes tamaños de la muestra. En todos los casos las varianzas declinan rápidamente al aumentar el nivel de muestreo del 5% al 10%, pero luego la reducción se hace más lenta, y al alcanzar un nivel de cobertura del 20% al 30% de los viajes, se pueden lograr reducciones adicionales en la varianza solamente con grandes aumento en el muestreo. Es por esta razón, junto con lo observado sobre el sesgo, que se concluyó que una cobertura muestral del 25% era probablemente suficiente, pero para tener algún margen, se adoptó como objetivo para muestrear la flota internacional un nivel del 33%. Este porcentaje tiene la ventaja de que se “traduce” fácilmente en términos sencillos, uno de cada tres viajes.

La validez de la fórmula analítica de la varianza de una razón depende de dos supuestos: a) tamaño muestral alto ($n > 30$); y b) coeficientes de variación del numerador (mortalidades) y del denominador (lances o toneladas) de menos del 10%. En este caso las distribuciones de las variables son extremadamente asimétricas, y los tamaños de muestra luego de estratificar pueden ser menores que lo requerido, por lo que parece obvio que los supuestos se violarían en la mayoría de los casos. Se efectuó también una comparación entre los errores estándar estimados usando la fórmula analítica y la versión “bootstrap” (Tabla 29). Los valores más altos para las estimaciones del “bootstrap” probablemente indican que la fórmula analítica está subestimando la varianza. Se ha optado por una medida de variabilidad más alta, pero más realista, y se ha desarrollado un complejo esquema de estratificación para tratar de reducirla.

Revisión de estimaciones de mortalidad

Las estimaciones de mortalidad hechas años atrás por el personal de la CIAT incluían un agrupamiento de las especies y stocks vulnerables en delfines manchados de altamar, comunes, stock oriental de tornillos, stock panza blanca de tornillos, listados, y “otros delfines.” En 1988, la CBI solicitó que el agrupamiento se subdividiera aún más, separando otros stocks no incluidos en la lista original. En respuesta a esta solicitud, se calcularon de nuevo todas las estimaciones de mortalidad para el período 1979–1988, usando la siguiente clasificación de stocks: stock norteño de manchado de altamar, stock sureño de manchado de altamar, stock oriental de tornillos, stock norteño de tornillo panza blanca, stock sureño de tornillo panza blanca, stock norteño del común, stock central del común, stock sureño del común, y “otros delfines.” Los delfines listados fueron incluidos entre los “otros delfines” debido a la escasez de lances sobre ellos en la mayoría de los años. Una vez decidido que se computarían las cifras de nuevo, se aprovechó la oportunidad para introducir todas las actualizaciones y modificaciones que se habían introducido en los últimos años:

1. Se estratificaron los datos de todos los años por stock, de acuerdo con la solicitud de la CBI.
2. Se estratificaron los datos de todos los años por áreas y por especies, tal como se hizo para 1984–1987.
3. Se computaron de nuevo los datos de todos los años, usando la metodología usada a partir de 1984.
4. Se estratificaron los datos de 1986 al presente por bandera (estadounidense y no estadounidense), y se sumaron los totales. No se estratificaron por bandera los datos de años anteriores, por insuficiencias muestrales.

5. Para alinear el resultado con la legislación de los principales países involucrados en la pesquería, se usaron en los datos sólo barcos de la clase 6 de acarreo (capacidad >400 toneladas), y
6. Se reemplazaron toneladas de atunes (que incluían barrilete y patudo) por toneladas de aleta amarilla en valores de MPT.
7. Dado que la base de datos de bitácoras mantenida por la CIAT recibe un flujo constante de información, que resulta en actualizaciones continuas hasta de años previos, se aprovechó la oportunidad para actualizar todas las cifras provenientes de esta base de datos.

Algunos de estos cambios son menores: por ejemplo, el tonelaje de barrilete capturado sobre delfines nunca fue muy grande (<3%). Otros, que implican redistribución de esfuerzo en diferentes áreas, pueden ser más significativos.

Las Tablas 30 y 31 muestran las estimaciones revisadas de mortalidad; Tablas 32 y 33 muestran los errores estándar respectivos.

En la Tabla 34 se presentan varias estimaciones de la mortalidad; en general, los valores son bastante similares.

La Tabla 35 muestra una comparación de los errores estándar. Los valores obtenidos con HB con datos sin estratificar son algo mayores que aquellos obtenidos con datos estratificados. Esto puede indicar que las particiones adicionales de los datos en más estratos están creando algunos problemas con muestras pequeñas en algunos estratos, aumentando el efecto de valores extremos.

Estimación de la abundancia relativa

Científicos del National Marine Fisheries Service (NMFS) de los Estados Unidos y de la CIAT usan la metodología de transectos lineales para estimar las tendencias en la abundancia de varios stocks de delfines capturados incidentalmente en la pesca atunera del OPO.

Los cruceros de investigación y reconocimientos aéreos realizados por el NMFS fueron ideados para tomar datos que producirían estimaciones de abundancia insesgadas, pero el costo de obtener la información tiene como resultado que hay relativamente pocas observaciones para analizar. En el pasado, científicos del NMFS calcularon estimaciones de la abundancia de delfines combinando estos datos con el conjunto de información más amplio basado en las observaciones de observadores a bordo de barcos atuneros. Las estimaciones de abundancia relativa de 1986, 1987, y 1988 fueron calculadas exclusivamente con datos de los barcos de investigación.

A raíz de la gran cantidad de datos de observaciones de barcos atuneros, los científicos de la CIAT usan únicamente estos datos para estimar la abundancia de los delfines. Desgraciadamente, los datos contienen varios sesgos intrínsecos, y las suposiciones principales del análisis de transectos lineales se ven violadas en distintos grados. Se han desarrollado varios métodos para obtener las estimaciones deseadas con estos datos, reduciendo los sesgos o haciéndolos consistentes de año a año. Si los sesgos son consistentes se pueden examinar las tendencias en la abundancia, aunque se crean ser sesgadas las estimaciones de abundancia.

En la Tabla 36 se presentan estimaciones preliminares de la abundancia relativa en 1988 de los delfines manchados, tornillos, y comunes, basadas en las observaciones de técnicos científicos en 152 viajes pesqueros. Se calcularon usando los límites de stocks ilustrados en las Figuras 53, 54, y 55. En las Figuras 56 a 63 se presentan las tendencias estimadas en la abundancia entre 1975 y 1988 de los delfines manchados, tornillos, y comunes. Solamente uno de estos stocks, el delfín manchado de altamar del sur, muestra una tendencia estadísticamente significativa en el período 1984-1988. En este caso, los límites usados para el stock parecen ser incorrectos; casi la mitad de las observaciones del stock registradas en 1988 tuvieron lugar fuera del límite sur. Las estimaciones de abundancia para los otros stocks fueron bastante similares a aquellas de 1987, con la excepción posible del stock central de delfines comunes. La estimación de 1988 para éste es bastante mayor que el de 1987, pero

las estimaciones para este stock fluctúan mucho de año a año. La estimación de abundancia relativa del stock oriental de delfines tornillo es la mayor del período bajo consideración. De todos modos, aparte del caso anómalo del delfín manchado de altamar del sur, no existen indicaciones de tendencias significativas en los últimos cinco años.

Atunes, objetos flotantes, y delfines

El proyecto de marcado de objetos flotantes, que comenzó en 1987 con un crucero de marcado frente a Colombia, fue descrito en el Informe Anual de la CIAT de aquel año. Durante 1988 fue devuelta una marca, encontrada en la playa en la Isla Contadora (Panamá).

Durante 1988 tuvo lugar un segundo crucero de marcado, esta vez frente al Ecuador, hecho posible gracias a la cooperación del Instituto Nacional de Pesca (INP) del Ecuador. Dos biólogos del INP, María Herminia Rodríguez y Tito Rodríguez, participaron en el crucero, que fue realizado a bordo del barco de carnada ecuatoriano *Sonnia*, basado en Manta, del 24 de febrero al 5 de marzo y del 11 al 21 de marzo. Al igual que en el crucero anterior, se marcaron los objetos flotantes con cuadrados flotantes de plástico numerados, de 610 x 610 x 5 mm. En total se marcaron 86 objetos, del cual el 30% mostraban marcas de machetes o hachas, o de haber pasado por un aserradero. Se tomaron muestras pequeñas de los objetos flotantes, y se enviaron a analizar al Laboratorio de Productos Forestales del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, en Madison (Wisconsin). Además de esto, se marcaron 330 barriletes y 19 aletas amarillas asociados con los objetos flotantes, se tomaron 36 muestras de ictioplancton para análisis por el INP, y se registraron 26 observaciones de mamíferos marinos. Se distribuyeron anuncios (Figura 64) a barcos de todos tipos solicitándoles que registren avistamientos de los objetos flotantes en sus bitácoras, junto con información sobre la cantidad de atunes vistos o capturados en asociación con los objetos. Dos de los objetos flotantes fueron encontrados por pescadores en el mar, y un tercero en la playa en Punta Sal (Perú), 60 millas al sur de donde fue marcado, tres días después. En la sección de **Marcado** se presenta información sobre las devoluciones de las marcas en los atunes.

Estudio de costumbres tróficas

No se sabe mucho acerca de las relaciones tróficas entre los atunes aleta amarilla y los delfines asociados con ellos en el OPO. Un estudio anterior realizado por el National Marine Fisheries Service (NMFS) demostró que delfines manchados y aletas amarillas comen presas similares (peces epipelágicos y calamares), mientras que delfines tornillos consumen principalmente peces mesopelágicos y calamares. Sin embargo, el estudio fue limitado en su duración, en el número de lances muestreados, y en el área abarcada, y el personal de la CIAT está realizando un estudio de las costumbres tróficas del aleta amarilla y de los delfines para ampliar lo descubierto en el estudio previo, con miras a obtener una mayor comprensión del vínculo atún-delfín.

Técnicos científicos de la CIAT a bordo de barcos cerqueros están tomando muestras de estómagos de aletas amarillas y delfines capturados en los mismos lances; biólogos de la oficina regional en Cumaná (Venezuela) las analizan. Hasta la fecha se han tomado 248 estómagos de delfines manchados, 78 de delfines tornillos, 70 de delfines comunes, y 52 de aletas amarillas.

Además de comparar las dietas de estas especies, se estudiarán las siguientes preguntas: (1) ¿Varían por región las dietas de los delfines y aletas amarillas? (2) ¿Cómo comparten las varias especies de delfines los recursos alimenticios? (3) ¿Muestran los delfines y aletas amarillas pautas diarias de alimentación?

Resultados preliminares obtenidos al combinar los datos del NMFS y el estudio actual indican que el porcentaje de delfines manchados con el estómago "lleno," definido como conteniendo restos de tejido, disminuye durante el día, y que ninguno de los 63 estómagos tomados en los 5 lances realizados entre las 1330 y 1630 horas estaban llenos (Figura 65). A pesar de que se considera que el

delfín manchado se alimenta de día, los datos en la Figura 65 sugieren una alimentación crepuscular (al amanecer o anocheecer) o nocturna.

Tamaños de manadas de delfines

Se está realizando un estudio de los factores que afectan el tamaño de las manadas de delfines, con miras a ampliar los conocimientos de la biología de varias especies de delfines y mejorar las estimaciones de abundancia que dependen de estimaciones del tamaño de las manadas de delfines. Es posible que se puedan determinar algunos de estos factores, y como se afectan mutuamente, mediante la examinación de pautas diarias en el tamaño y la composición por especie de las manadas de delfines.

Dos factores que probablemente influyen de forma importante sobre el tamaño de las manadas es la presión de predación y la distribución de las presas. Se ha propuesto que las manadas más grandes se presentan en especies que viven en ambientes pelágicos, donde la presión de predación es presuntamente mayor, mientras que las manadas más pequeñas son típicas de las especies costeras, estuarinas, y fluviales. Los delfines pelágicos se protegerían mejor contra predadores visuales (los tiburones, por ejemplo) si se agregaran en manadas relativamente grandes durante el día. Si actuaran fuerzas de dispersión durante la noche, se esperarían variaciones cíclicas diarias en el tamaño de las manadas, y también una mayor tendencia a formar manadas de especies mixtas durante el día para lograr mayor protección.

La importancia de la densidad de la presa se ve indicada por correlaciones entre los tamaños de los grupos de un consorcio de predadores (delfines, aves, y atunes) que se alimentan de peces epipelágicos, calamares, y crustáceos. Agregaciones tróficas formadas por todos estos predadores son comunes en el OPO. Estudios anteriores han demostrado que el tamaño de los cardúmenes de aletas amarillas y de las bandadas de aves está correlacionado positivamente con el tamaño de las manadas de delfines. Si el tamaño de los grupos de muchos de los miembros de un consorcio de predadores parecen estar correlacionados, es posible que estén respondiendo a la densidad de las especies de presas que comparten. Muchas especies de peces muestran un ciclo diario de agregación, reuniéndose de día y dispersándose de noche al perder contacto entre sí.

Es posible que una examinación de los cambios en el tamaño de las manadas a la luz de los ciclos diarios del comportamiento permita determinar cómo estos factores afectan el tamaño de las manadas. El estudio se centra en tres preguntas: (1) ¿Muestran las manadas de delfines pautas de variación diaria en su tamaño y, de ser así, que sugieren estas pautas acerca de la influencia de la predación y la alimentación? (2) ¿Muestran las manadas de especies mixtas pautas de variación diaria en su tamaño y, de ser así, que sugiere esto acerca de relaciones entre las especies? (3) Si existen estas pautas, ¿se ven reflejadas por los otros miembros del consorcio, las aves marinas y los atunes?

El tamaño medio de las manadas de delfines manchados, tornillos, y comunes en el OPO aumentó durante el curso de un día (Figuras 66–69). Parece que el tamaño de las manadas aumenta durante la mañana, y que éstas se fragmentan hacia fines de la tarde o de noche. Estratificando los avistamientos por estado del mar señaló que esta pauta no era un artificio de cambios diarios en las condiciones de observación. El tonelaje medio de aleta amarilla capturado en asociación con delfines también aumentó con la hora del día (Figura 70).

Dos líneas de evidencia sugieren que la ventaja principal de un grupo de mayor tamaño es que brinda una mayor protección contra la predación. En primer lugar, el tamaño máximo alcanzado por la manada en la tarde no corresponde con lo que se sabe acerca de las horas de alimentación de los delfines. Se cree que tanto el delfín común como el tornillo se alimentan de noche, y no parece que el manchado coma por la tarde (véase la sección titulada ***Estudio de las costumbres tróficas***). En segundo lugar, el delfín *Tursiops truncatus* no muestra esta pauta (Figura 71), pese a que su dieta es

similar a aquella del delfin manchado. Los *Tursiops* son más grandes que los otros delfines en el estudio, forman manadas pequeñas, y parecen tener menos predadores que los delfines de menor tamaño.

CONDICION DE LOS STOCKS DE ATUNES EN 1988 Y PERSPECTIVAS PARA 1989

El personal de la CIAT es responsable del monitoreo de las fluctuaciones en la abundancia de los túnidos tropicales del Océano Pacífico oriental, y de la evaluación de los efectos de la actividad humana y de los factores naturales sobre dicha abundancia. La información científica recopilada por los investigadores proporciona la base para las recomendaciones anuales sobre la administración de estas especies, y se presenta en los documentos fundamentales y de forma oral en las reuniones de la Comisión. La información se resume en este Informe Anual para difundirla al público en general.

ALETA AMARILLA

El personal de la CIAT usa varios modelos de producción y con estructura de edades para evaluar el efecto de la pesca sobre la abundancia del aleta amarilla en el Pacífico oriental, y para determinar la condición actual del recurso. A continuación se presenta un resumen de los resultados de estos estudios, seguido por una discusión de la condición del aleta amarilla en el Pacífico oriental en 1988 y los pronósticos para 1989.

Modelos con estructura de edades

Los modelos con estructura de edades utilizan datos sobre el reclutamiento y sobre el crecimiento y mortalidad de peces individuales. Las estimaciones de estos parámetros se obtienen mediante el análisis de datos sobre la distribución de frecuencia de longitud de los peces en la captura, complementados con datos de la devolución de marcas y otros datos. Desde 1954 los investigadores de la CIAT recopilan datos sobre la composición de tamaño de las capturas de aleta amarilla en el OPO, y han tenido acceso a datos análogos recopilados por el California Department of Fish and Game durante el período 1951–1954. Se llevó a cabo la gran mayoría del marcado entre 1955 y 1981, y se continúa el análisis de los datos resultantes.

Análisis de la biomasa

Los estudios de la biomasa con estructura de edades realizados por los investigadores de la Comisión han producido información sobre la abundancia y mortalidad de peces de clases anuales individuales de gran utilidad en la estimación del stock. En este tipo de análisis, el primer paso consiste en asignar a los peces capturados a una cierta cohorte. (Una cohorte consiste de todos los peces reclutados a la pesquería al mismo tiempo: por ejemplo, la cohorte X68 ingresó inicialmente a la pesquería en pequeñas cantidades durante el primer semestre de 1968, y contribuyó a ella de forma significativa por primera vez durante el segundo semestre de ese año; la cohorte Y68 ingresó a la pesquería por primera vez en pequeñas cantidades en el segundo semestre de 1967, contribuyendo substancialmente a la pesquería por primera vez en el primer semestre de 1968). Se ha estimado que, en promedio, la cantidad de reclutas que ingresan a las cohortes X e Y es aproximadamente igual (Tabla 37). A continuación se estima la cantidad de peces en cada cohorte en el momento del reclutamiento y luego a diversos intervalos posteriores; se estima también la cantidad de peces que son capturados y que mueren durante cada intervalo. Para calcular las estimaciones de la biomasa se convierten estas cantidades a su equivalencia en peso, con base en los datos del peso promedio de peces de diferentes tamaños. Para realizar estos cálculos se requiere información sobre la cantidad y peso promedio de los peces de cada cohorte en la captura, una estimación de la tasa de mortalidad

natural (o estimaciones de una serie de tasas si la mortalidad natural no es constante en peces de distintas edades), y una estimación de la tasa de mortalidad por pesca de por lo menos uno de los intervalos de captura de cada cohorte. Estas se denominan tasas “de comienzo” de la mortalidad por pesca. Todos estos cálculos se obtienen del análisis de las estadísticas de captura, y de los datos de la frecuencia de longitud y peso-longitud. Los resultados de estos análisis no tienen la precisión deseada porque, a medida que envejecen los peces, se hace más y más difícil distinguir entre los de una cohorte y los de otras, y por consecuencia es probable que se asignan a menudo a cohortes incorrectas. Por lo tanto las estimaciones de las capturas de los peces de cada cohorte son menos precisas de lo deseable, y además las estimaciones de las tasas de mortalidad son algo imprecisas. Se estima la tasa anual instantánea de mortalidad natural en un 0.8, pero se sospecha que este índice varía con la edad, siendo mayor para los peces más jóvenes y menor para los más viejos. Además, la capturabilidad de los peces varía según la edad, zona, temporada, clima, *etc.*, lo que crea interferencia y posiblemente también produce un sesgo en los cálculos.

Se han realizado análisis de la biomasa con estructura de edades para los años 1964 a 1988. En la Tabla 38 se presentan estimaciones trimestrales de la cantidad promedio de peces por grupo de edad desde 1968 hasta 1988, y en la Figura 72 estimaciones de las biomásas medias anuales de peces por grupo de edad de 1968 a 1988. Se estimaron diferentes tasas de comienzo de mortalidad por pesca en los trimestres en que se explotaron por última vez las diferentes cohortes, con base en las fluctuaciones del esfuerzo de una temporada a otra. Además, a fin de realizar comparaciones, se hicieron cálculos para todas las cohortes con tasas de comienzo más elevadas y más bajas que las tasas consideradas como las estimaciones más precisas.

En la Tabla 38 se presenta la magnitud promedio estimada de cada cohorte, expresada en número de peces. En el caso de la cohorte X68, por ejemplo, el promedio de peces de un año de edad durante el primer trimestre del año fue 24,724,000, y la población de esta cohorte alcanzó un promedio de 20.2, 16.4, y 13.2 millones de peces en el segundo, tercero, y cuarto trimestre de ese año, respectivamente (filas de 1968, columna I). En 1969, el promedio de la población de peces de 2 años de edad de la misma cohorte fue de 10.4, 8.0, 6.3 y 5.1 millones de peces del primero al cuarto trimestre, respectivamente (filas de 1969, columna II), y así sucesivamente. El promedio del número de peces de 1, 2, 3, y 4 años de edad de las cuatro cohortes X (1968, 1967, 1966, y 1965) fue de 24.7, 8.3, 3.6, y 0.1 millones, respectivamente (primera fila de 1968), durante el primer trimestre de 1968. Se presentan los valores para las cohortes Y de igual forma, añadiendo la columna 0 para los peces más jóvenes, de los cuales se supone que no se captura ninguno antes del tercer trimestre del año. En la Tabla 38 se presenta también una columna V+, que incluye los peces de mayor edad que no pueden ser asignados a cohortes; el tamaño de su población se estimó en forma indirecta a partir de los datos de captura y las estimaciones de la mortalidad de los peces más jóvenes. Se supone que la mitad de éstos pertenece a las cohortes X y la otra mitad a las cohortes Y.

En la Tabla 37 se presentan las estimaciones del número de reclutas de cada cohorte para el período 1967–1988. Los promedios anuales de las cohortes X e Y son casi idénticos (30 millones para la cohorte Y y 27 millones para la cohorte X en las columnas “Inicial”; 27 millones para la cohorte Y y 24 millones para la cohorte X en las columnas “Promedio”). La variabilidad de año a año es similar para la cohorte Y (3.6) y la cohorte X (2.6 a 2.8), y la de los datos combinados (2.9) cae entre las dos. El reclutamiento ha sido variable, pero el promedio del período 1977–1988 superó al de 1967–1976. Parece haber existido una tendencia ascendente en el reclutamiento en los últimos veinte años, con un reclutamiento inicial medio de unos 50, 59, y 70 millones de peces durante los períodos de 1968–1976, 1977–1983, y 1984–1988, respectivamente (Figura 73). Sin embargo, no se puede descartar la posibilidad de que esto se deba a una variación aleatoria, especialmente en el período de 1974–1988, cuando el reclutamiento inicial medio fue de unos 62 millones de peces.

A continuación se presentan las estimaciones del peso promedio de los peces en cada trimestre, comenzando por el trimestre de su reclutamiento.

Peso promedio			Peso promedio			Peso promedio		
Trimestre	kg	lb	Trimestre	kg	lb	Trimestre	kg	lb
1	1.8	4.0	7	12.2	27.0	13	44.5	98.0
2	2.5	5.6	8	16.4	36.1	14	50.4	111.1
3	3.6	8.0	9	20.4	45.0	15	55.3	122.0
4	4.6	10.2	10	25.0	55.1	16	59.0	130.0
5	6.1	13.5	11	30.4	67.0	17	60.8	134.0
6	8.6	18.9	12	37.6	83.0	18	61.7	136.0
						19+	71.2	157.0

Estos valores se multiplicaron por los valores correspondientes de la Tabla 38 para obtener la estimación de la biomasa promedio anual (promedio del peso total durante cuatro trimestres) de cada cohorte. Estos datos se presentan en la Figura 72, en la cual es fácil ver la fuerza relativa de las distintas cohortes. Por ejemplo, las cohortes X83 y Y83 (líneas diagonales), ambas relativamente fuertes, no fueron explotadas de forma intensiva hasta 1985, en cual año se encontraban en el grupo de edad 3 y gozaban de una biomasa elevada. En cambio, la cohorte Y73 sólo alcanzó un nivel normal, ya que fue sometida a una pesca intensiva en 1973, cuando eran del grupo de edad 1, y por consecuencia su biomasa fue baja en los años siguientes.

En la Figura 74 se presentan las estimaciones promedio trimestrales y anuales de la biomasa correspondientes al período 1968–1988, para todos los peces de todas edades y para “peces grandes” (totalidad de peces de la cohorte Y presentes en la pesquería durante más de seis trimestres, y totalidad de peces de la cohorte X presentes en la pesquería durante más de ocho trimestres). No se presentan los datos correspondientes al período 1964–1967 puesto que la zona de pesca en el ARCAA continuaba extendiéndose en esa época y se subestimó la biomasa de las cohortes en esos años. El promedio de la biomasa total en el período 1968–1971 fue de unas 350 mil toneladas; una gran proporción de ésta estaba formada por peces más viejos, procedentes de los reclutamientos elevados de 1966 y 1967, que fueron poco explotados en su juventud. El reclutamiento inferior al promedio, junto con el aumento de la explotación durante el período 1969–1972, provocó una reducción de la biomasa de peces de todas edades en 1972 y 1973. La biomasa reducida de peces más viejos persistió hasta 1974, mientras que la abundancia de peces más pequeños aumentó en ese año a raíz de una generación extremadamente numerosa en 1974, la cual produjo la mayor parte del aumento en la biomasa de peces grandes a fines de 1975, todo 1976, y principios de 1977. En 1976 se logró una de las capturas más cuantiosas de aleta amarilla dentro del ARCAA, la quinta en importancia en la historia de la pesquería. El reclutamiento de 1976 y 1977, que fue inferior al promedio, junto con la fuerte explotación de peces jóvenes entre 1973 y 1982, provocaron una reducción en la biomasa de peces jóvenes y viejos, casi alcanzando en 1982 el nivel más bajo observado. Aunque los reclutamientos de 1978 y 1979 fueron cuantiosos (el de 1978 sólo fue superado por el de 1974) la captura de peces de 1 y 2 años de edad fue tan elevada que impidió que estas generaciones contribuyeran mayormente a la pesca en 1981 y 1982. El reclutamiento fue normal en 1980 y 1981, inferior al promedio en 1982, y superior a éste entre 1982 y 1988. La biomasa aumentó en 1983 (Figura 74), debido principalmente a la disminución del esfuerzo de pesca en ese año, y se incrementó considerablemente en 1984 y 1985 gracias al buen reclutamiento y a la reducción de la pesca de peces jóvenes.

En las Figuras 75 and 76 se presentan las capturas anuales (expresadas en toneladas cortas) de peces de las cohortes X e Y, y de ambas cohortes combinadas, durante el período 1968–1988. En la Figura 75 cada recuadro incluye las capturas de peces de diferentes cohortes en el mismo año, mientras que en la Figura 76 cada recuadro incluye las capturas de peces de la misma cohorte en diferentes años.

Los cambios ocurridos en la composición por edades de la población y de la captura se ven bien claros si se comparan las Figuras 72 (estimaciones anuales de la biomasa de los grupos X e Y), 74 (estimaciones trimestrales de la biomasa total y de la biomasa de los peces grandes), y 75 (capturas anuales, clasificadas por edad). En los años setenta, cuando el esfuerzo de pesca era intenso, sobrevivían cada vez menos peces hasta alcanzar tamaños grandes, pero la reducción en el esfuerzo en 1982, 1983, y 1984 permitió el desarrollo de muchos peces que anteriormente hubieran sido capturados de jóvenes. A partir de los datos en la Tabla 38 se estimaron las contribuciones totales aportadas a la pesquería por cada cohorte X e Y durante el período 1968–1984 (Figura 76). Estas fluctúan de las 121 mil toneladas de la cohorte de 1972 a las 268 mil toneladas de la de 1974, con un promedio de 165 mil toneladas para los 17 grupos. De no haberse explotado la cohorte Y74 tan intensamente en su primer año de vida, las capturas correspondientes hubieran sido aún mayores. La división de las capturas de estas cohortes (1968–1984) por las estimaciones del reclutamiento iniciales correspondientes (Tabla 37) rinde estimaciones del rendimiento por recluta que oscilan entre 1.9 y 3.4 kg (4.2 y 7.6 libras). El reclutamiento inicial varió entre 32 y 92 millones de peces, con un promedio de 55 millones, y produjo un rendimiento por recluta medio de 2.8 kg (6.1 libras).

Análisis de rendimiento por recluta

Además de los análisis de la biomasa con estructura de edades, se usa también el modelo de rendimiento por recluta. El crecimiento de los peces jóvenes es rápido, y por consiguiente el peso total de un grupo que alcanza la edad de captura simultáneamente (una cohorte) aumenta rápidamente, mientras que las pérdidas por mortalidad natural son leves. A medida que envejecen los peces, se reduce su tasa de crecimiento, mientras que la mortalidad natural permanece más o menos igual, y en consecuencia la disminución del peso total ocasionada por la mortalidad natural en ese período es superior al incremento por crecimiento, y el peso total sufre una pérdida neta. Eventualmente, la cohorte desaparece. La forma ideal de obtener el máximo rendimiento en peso de una cohorte de peces (suponiendo, para los fines de este estudio, que ese es el propósito de la administración de la especie) sería de capturar cada pez justo antes de su muerte por causas naturales, situación imposible de lograr. La mejor alternativa sería capturar a los peces cuando alcanzan la edad o tamaño en que la pérdida en el peso total ocasionada por la mortalidad natural compensa exactamente la ganancia debida al crecimiento (“edad crítica” o “tamaño crítico”). Esto es factible en el caso de ciertos moluscos, como las ostras y las almejas, que quedan expuestas por la marea baja y pueden ser capturadas fácilmente en ese momento. Si se vigila constantemente un banco de moluscos, y se recogen con frecuencia aquellos ejemplares que han alcanzado el tamaño crítico, se está ejerciendo un esfuerzo pesquero infinito sobre los organismos que han alcanzado dicho tamaño. Un tal proceder no es factible para la mayoría de las especies de peces.

Si tampoco es factible la segunda alternativa, entonces la intuición nos sugiere que la pesca debería comenzar por aquellos peces que aún no han alcanzado el tamaño crítico. Esta es la tercera alternativa, y es la única viable para la mayoría de las especies de peces. Se supone, por ahora, que la edad de ingreso (es decir, la edad de los peces más pequeños capturados) puede ser controlada eficazmente. Si el esfuerzo de pesca es intenso, se seleccionaría una edad de ingreso sólo ligeramente menor que la edad crítica, la mayoría de los peces capturados serían de tamaño y edad cercanos al crítico, y el rendimiento sería casi tan elevado como bajo la segunda alternativa. Si el esfuerzo de pesca es menos intenso, se seleccionaría una edad de ingreso mucho menor que la edad crítica, la gama de edades y tamaños de los peces capturados sería mayor, y el rendimiento sería considerablemente inferior al alcanzable bajo la segunda opción (pero continuaría representando el máximo posible sin incremento del esfuerzo).

Sin embargo, es posible que no se pueda controlar la edad de ingreso eficazmente. En tal caso, la única manera de administrar la pesquería es mediante el control del esfuerzo. Si la edad de

ingreso es superior a la edad crítica, se puede permitir un esfuerzo ilimitado, pero si es inferior, la limitación del esfuerzo podría aumentar el rendimiento.

Cabe mencionar que es necesario permitir que algunos miembros de una cohorte se reproduzcan por lo menos una vez antes de ser capturados. Si los peces desovan mucho antes de alcanzar la talla crítica, la población probablemente no se verá afectada; sin embargo, si el desove ocurre después de que los peces han alcanzado la talla crítica, y el esfuerzo de pesca es intenso, es posible que el número de reproductores se reduzca al grado de repercutir negativamente en el reclutamiento de años subsiguientes. En consecuencia, una estrategia de pesca orientada a lograr el máximo rendimiento por recluta no producirá necesariamente un rendimiento máximo. Si la forma de pescar influye en el reclutamiento futuro, el rendimiento máximo se logrará controlando la pesca para optimizar el tamaño de la cohorte y el rendimiento por recluta en forma simultánea: esta posibilidad se analizará en detalle más adelante. (No obstante, esto no significa que una leve reducción del número de reproductores disminuiría el reclutamiento en años subsiguientes, puesto que esta situación no parece presentarse en la mayoría de las especies de peces). El modelo de rendimiento por recluta aquí descrito no considera la posibilidad de cambios en el reclutamiento, pero éste sí forma parte de los modelos de producción, que se analizarán más adelante.

Cabe además señalar que un aumento en la densidad de una población de peces puede llevar a una reducción en el crecimiento de individuos o un aumento en la mortalidad natural. Por consiguiente, es posible que la pérdida por captura de algunos peces de tamaño inferior al tamaño crítico sea compensada, al menos parcialmente, por el crecimiento más rápido y/o la mortalidad natural inferior del resto de los peces. Además, si la densidad de la población influye en las tasas de crecimiento o la mortalidad natural, esto modificará el tamaño y la edad crítica de manera correspondiente. El modelo del rendimiento por recluta aquí descrito no toma en cuenta esta dificultad, pero se compensa en forma automática en los modelos de producción.

En el caso del aleta amarilla del Océano Pacífico oriental, se estima el tamaño crítico en aproximadamente 111 cm (28 kg o 62 libras), a pesar de no ser óptimo el grado de confiabilidad de las estimaciones del crecimiento y de la mortalidad natural obtenidas por los investigadores de la CIAT. La mayoría de los peces capturados por la pesca con carnada son de tamaño bastante inferior a este tamaño crítico. A fines de los años cincuenta y principios de los sesenta, cuando la mayor parte de la flota atunera cambió de la pesca con carnada a la pesca de cerco, se incrementó el tamaño promedio de los peces capturados: muchos de ellos alcanzaban o superaban el tamaño crítico. La captura promedio anual también aumentó de forma marcada después de la conversión a la pesca cerquera, con un promedio de unas 103 mil toneladas en 1961–1970, comparado con 83 mil toneladas en 1951–1960. La expansión de la pesquería hacia alta mar a mediados y fines de los años sesenta fue un factor importante que contribuyó al incremento de las capturas, pero también influyó el aumento del tamaño promedio de los peces capturados.

El objetivo principal de la administración estipulado en el convenio de la CIAT es de obtener el rendimiento promedio máximo sostenible (RPMS). El rendimiento máximo por recluta es equivalente al RPMS, siempre que el reclutamiento sea independiente del número de reproductores, como se indicó anteriormente. En la Figura 77 se presentan las estimaciones del rendimiento por recluta que resultan de varias combinaciones de tamaño de ingreso y esfuerzo de pesca, correspondientes a dos épocas diferentes. (El esfuerzo de pesca se analizará en mayor profundidad en la sección titulada **Modelos de producción**.) Las diversas combinaciones del esfuerzo de pesca y de la talla de ingreso producen diferentes rendimientos por recluta, que se indican mediante líneas curvas. Los cálculos se basan en un coeficiente de mortalidad natural de 0.8 (cerca del 55 por ciento anual si no hubiera mortalidad por pesca), los datos de crecimiento en peso señalados en la página 254, y los coeficientes de mortalidad por pesca (Tabla 39) obtenidos del análisis de la biomasa descrito en la sección anterior. (Las cohortes X e Y se definieron en la sección titulada **Análisis de la biomasa**.) Durante el período 1977–1981 el esfuerzo de pesca se aplicó en casi igual proporción a peces pequeños,

medianos, y grandes, mientras que durante 1985 y 1986 el esfuerzo de pesca se orientó en mayor medida hacia peces grandes y en menor medida hacia peces pequeños. Durante 1988 la distribución de tamaños fue similar a las de 1975–1977, comprendiendo una mezcla de peces grandes y pequeños. Los efectos de este cambio pueden observarse en los histogramas de frecuencia de longitud en las Figuras 16 y 17 y en los histogramas de frecuencia de edad en la Figura 75. Los valores en la escala horizontal de la Figura 77 son múltiplos del esfuerzo de pesca durante los años mencionados, es decir, 0.2, 1.0, y 2.0 representan valores de aproximadamente la quinta parte de, igual a, y el doble del promedio de los valores del esfuerzo durante los períodos de tiempo correspondientes. Si se aplicara una cantidad infinita de esfuerzo, el peso óptimo de ingreso sería 28 kg (62 libras) (el peso crítico), y el rendimiento por recluta 3.8 kg (8.3 libras). Los tamaños de ingreso que producirían los rendimientos máximos por recluta para diversos múltiplos del esfuerzo de pesca se señalan en la Figura 77 como líneas de trazos, denominadas curvas pesqueras eumétricas. En cuanto al período 1977–1981 y el tamaño de ingreso a unos 13.6 kg (30 libras), el rendimiento por recluta alcanzaría unos 3.4 kg (7.5 libras). En el caso del período 1985–1986, el rendimiento por recluta aumentaría a aproximadamente 3.5 kg (7.8 libras).

La descripción anterior supone, por implicación, que la alteración de la edad de ingreso no modifica la distribución por zona del esfuerzo de pesca, suposición que se vería justificada si la pesquería operara como se señala a continuación. Al principio, cuando la edad de ingreso es baja, al realizar su búsqueda los barcos encontrarían algunos cardúmenes de peces pequeños y otros de peces grandes, y lanzarían sobre ambos. Posteriormente, cuando la edad de ingreso es mayor, los barcos buscarían de igual manera, pero sólo lanzarían sobre cardúmenes con peces grandes. Por consiguiente, el esfuerzo dirigido hacia peces grandes en el segundo período sería igual que en el primero. Sin embargo, se piensa que si la edad de ingreso del aleta amarilla aumentara por algún motivo, los pescadores tenderían a disminuir la búsqueda en estratos de tiempo y zona con preponderancia de peces pequeños e intensificarían la búsqueda en aquellos en que predominan los peces grandes, aumentando probablemente el esfuerzo de pesca aplicado a peces grandes. En términos generales, esto tendería a incrementar el rendimiento por recluta en mayor medida que lo indicado en la Figura 77, y parece que esto es lo que ha ocurrido en los últimos años.

El rendimiento total es el producto de las estimaciones del rendimiento por recluta y el rendimiento. Por ejemplo, el rendimiento por recluta (con mortalidad por pesca equivalente a un multiplicador de 1), determinado del extremo inferior del recuadro superior o inferior de la Figura 77, es de 2.5 kg (5.5 libras) para el período de 1977–1981 y 3.1 kg (6.8 libras) para 1985–1986. A partir de los análisis de la biomasa se calculó (páginas 252–255) que el rendimiento medio por recluta fue 2.8 kg (6.1 libras) para las cohortes de 1968–1984. Los rendimientos posibles con estos rendimientos por recluta y un reclutamiento inicial de 64 millones de peces (el promedio de 1977–1987) son los siguientes:

Período	Rendimiento por recluta (kg)	Reclutamiento (millones de peces)	Rendimiento (miles de toneladas cortas)
1977–1981	5.5	64	176
1985–1986	6.8	64	218
1968–1984	6.1	64	195

El rendimiento con la pauta de mortalidad por pesca específica por tamaño del período 1985–1986 es un 24% mayor a aquel obtenido con la configuración de 1977–1981. Se señaló en Informes Anuales de la CIAT anteriores que un cambio en la orientación del esfuerzo de pesca de peces pequeños a peces grandes aumentaría los rendimientos por recluta y las capturas. Un cambio tal ocurrió, y resultó en

capturas mayores en 1985, 1986, y 1987, pero en 1988 se volvieron a capturar más peces pequeños. Si esta mayor captura de peces pequeños en 1988 resultó de la explotación intensiva de una generación anual de 1988 normal, ésta no podrá soportar capturas grandes en años subsiguientes. Sin embargo, si la captura mayor de peces pequeños en 1988 resultó de una generación anual de 1988 muy grande, ésta debería contribuir de forma significativa a capturas mayores en 1989 y 1990. Durante el primer trimestre de 1989 la captura de peces de la generación anual de 1988 a la edad de dos años ha contribuido sustancialmente a la pesquería. Si ésto continúa, señalará una generación anual de 1988 más fuerte que lo normal que debería hacer un aporte significativo a las capturas en 1989 y 1990.

Modelos de producción

Los modelos de producción, a diferencia de los modelos con estructura de edades, se basan en datos sobre la totalidad de la población en lugar de limitarse a especímenes individuales. Una población de peces que no ha sido expuesta a la pesca está al tamaño máximo permitido por las condiciones ambientales; su mayor desarrollo se ve impedido por los depredadores, por falta de alimento o de espacio vital adecuado, *etc.* Se dice que la población está en equilibrio cuando el incremento por reclutamiento y crecimiento es compensado a la larga por las pérdidas causadas por la mortalidad natural. Es posible que la población supere al promedio normal en años de condiciones ambientales particularmente favorables, y que sea inferior a tal promedio en otros, pero generalmente se puede hacer caso omiso de estas condiciones al analizar las tendencias a largo plazo.

Si una o más embarcaciones pesqueras comenzaran a explotar la población, la captura por unidad de esfuerzo (por ejemplo, la captura por día de búsqueda), que se supone ser proporcional a la magnitud de la población, sería bastante elevada al principio, ya que la población estaría en su punto máximo. El incremento de la población seguiría siendo debido al reclutamiento y el crecimiento, pero las pérdidas se deberían no sólo a la mortalidad natural sino también a la mortalidad por pesca, y por consiguiente disminuiría la población. En reacción a esta disminución, las tasas de reclutamiento, crecimiento, y/o mortalidad natural cambiarían, y la ganancia lograda por los dos primeros factores excedería la pérdida provocada por el último. Si se dejara de pescar, la ganancia neta haría que la población recuperara paulatinamente su magnitud original. A medida que la población se aproximase a esa magnitud, las tasas de reclutamiento, crecimiento, y/o mortalidad natural volverían gradualmente a los niveles anteriores, hasta acabar siendo iguales a los existentes antes de comenzar la pesca. En esta forma, la población recuperaría el equilibrio en su magnitud máxima. Sin embargo, si se continuara a pescar al mismo nivel, la población llegaría eventualmente a equilibrarse, pero con diferentes tasas de reclutamiento, crecimiento, y/o mortalidad natural, y sería de magnitud inferior a la original. La captura por unidad de esfuerzo (CPUE) seguiría siendo proporcional a la magnitud de la población. Si sólo algunas embarcaciones se dedicaran a explotar el recurso, la magnitud de la población se reduciría levemente y la CPUE sería relativamente elevada, pero si la explotaran varias, la población se reduciría considerablemente y la CPUE sería mucho menor.

La captura total sería el producto de la CPUE y del esfuerzo total. Si el esfuerzo de pesca fuera relativamente bajo, el incremento moderado del esfuerzo compensaría de sobra la reducción correspondiente de la CPUE y produciría capturas mayores, pero esto no sucedería si el nivel de esfuerzo fuera más elevado. En un nivel intermedio de esfuerzo el producto se encontraría en su punto máximo. Si el objetivo de la administración es obtener un rendimiento promedio máximo sostenible (RPMS) de peces (meta estipulada en el convenio de la CIAT), el esfuerzo de pesca debería mantenerse a ese nivel. Si el objetivo es obtener una ganancia máxima (suponiendo un precio constante), el esfuerzo debería ser algo menor, y si es lograr el mayor empleo posible de pescadores, debería ser algo mayor. Si el esfuerzo es inferior al grado óptimo seleccionado, se dice que la población

está subexplotada, mientras que si el esfuerzo es mayor que el nivel óptimo, se afirma que la población está siendo sobreexplotada.

Es más fácil analizar la interrelación entre el esfuerzo, la captura, y la CPUE en condiciones de equilibrio, pero es necesario reconocer que rara vez ocurren estas condiciones. Por ejemplo, si la población se encuentra en equilibrio cerca de su punto máximo y el esfuerzo se incrementa en forma repentina, la CPUE disminuirá paulatinamente durante un tiempo hasta lograr un nuevo punto de equilibrio con una CPUE menor. Durante el período de transición las capturas serán mayores que en el nuevo punto de equilibrio. De manera similar, si la población se encuentra en su punto de equilibrio a un nivel bajo y el esfuerzo disminuye repentinamente, la CPUE aumentará gradualmente durante un tiempo antes de lograr un nuevo punto de equilibrio con una CPUE mayor. Durante el período de transición las capturas serán menores que las correspondientes al nuevo punto de equilibrio.

Es oportuno enfocar ahora la aplicabilidad y utilidad de los modelos de producción en el atún aleta amarilla del Océano Pacífico oriental. El análisis anterior examinaba "una población de peces." Los modelos de producción no son aplicables a menos de que haya poco intercambio entre los peces de la zona bajo estudio y las zonas adyacentes. Se ha estudiado el grado de intercambio de aleta amarilla entre el ARCAA y la zona al exterior del ARCAA (Figura 78), y se analizaron los resultados en Informes Anuales de la CIAT anteriores. En resumen, los resultados indican que existe cierto grado de intercambio entre los peces de ambas zonas, pero no es suficiente para impedir el uso del modelo.

Suponiendo que los modelos de producción son aplicables, este hecho puede advertirse sólo si: (1) existen datos sobre captura, esfuerzo, y CPUE de una amplia gama de niveles de esfuerzo de pesca, que de preferencia incluyan los del sector de la curva que corresponde a la sobreexplotación, y (2) las perturbaciones causadas por la fluctuación de las condiciones ambientales no alcanzan a ocultar los cambios en la abundancia aparente provocados por las variaciones en el esfuerzo de pesca. Se observará más adelante que sí existen datos sobre una amplia gama de niveles de esfuerzo de pesca. Los efectos de las condiciones ambientales también se analizaron en Informes Anuales de la CIAT anteriores. Hasta donde se ha podido establecer, estos efectos suelen compensarse en períodos relativamente cortos, y se decidió no tomarlos en cuenta pues no afectaban la eficacia del modelo.

Se ha hecho referencia al esfuerzo de pesca sin especificar que existen distintos tipos de esfuerzo: es decir, los que ejercen las embarcaciones cerqueras, palangreras, y de carnada, más las variaciones correspondientes a distintas capacidades de acarreo. En la mayoría de los casos, no es posible obtener el valor del esfuerzo total por medio de la simple combinación de los diferentes tipos de datos sobre el esfuerzo. Hay dos métodos para calcularlo. En el primero se consideran exclusivamente los datos correspondientes a un solo tipo de arte de pesca, generalmente la predominante, denominada clase estándar. La captura total de todos los tipos de arte, dividida por la CPUE de la clase estándar, proporciona una estimación del esfuerzo total en unidades de la clase estándar. En el segundo se estima la eficacia de cada clase de arte con relación a la de la clase estándar, y entonces se calcula el esfuerzo estandarizado de cada clase por medio del ajuste de los datos del esfuerzo bruto por los factores apropiados. El esfuerzo total estandarizado se deriva de la suma del esfuerzo bruto del arte estándar y los datos del esfuerzo estandarizado de las demás artes. Los investigadores de la CIAT han utilizado el primer método y varias combinaciones de ambos métodos. Se ha medido el esfuerzo no estandarizado y estandarizado en días de pesca y en días estandarizados de pesca, respectivamente, y las CPUE correspondientes han sido señaladas como captura por día de pesca (CPDP) y captura por día estandarizado de pesca (CPDEP). En el presente informe sólo se utiliza el esfuerzo estimado a partir de la división de la captura total de aleta amarilla por la CPDP de aleta amarilla de los cerqueros no reglamentados de la clase 6 de arqueo (de más de 400 toneladas de capacidad), salvo en el caso del modelo de tiempo de búsqueda (Figura 79, recuadro del medio), que se analizará en el próximo párrafo.

En el recuadro superior de la Figura 79 se señalan los valores de la CPDP para el período 1968–1988. En el segundo recuadro de la figura se presenta un índice de la abundancia basado en el modelo de “tiempo de búsqueda” (Boletín de la CIAT, Vol. 19, N° 3) que es similar al modelo de la CPDP. En el recuadro inferior se presentan los índices de la biomasa de la abundancia del aleta amarilla, derivados del análisis de cohortes descrito anteriormente. Las tendencias de los tres índices son similares, si bien el índice de cohortes indica una abundancia relativa a 1970 mayor que los demás. Dos de los índices indican una reducción en el población a partir de 1986, y una a partir de 1987.

Las CPDP elevadas señaladas en el recuadro superior de la Figura 79 indican que en 1986 el aleta amarilla alcanzó su mayor abundancia desde los inicios de la década de los setenta, y que disminuye actualmente. En vista de las escasas capturas en 1982 y 1983, que permitieron el aumento de la población, este incremento de la abundancia era de esperar, como también lo era la disminución actual, que se debe a las grandes capturas durante 1985–1988. Sin embargo, las CPDP en 1984–1988 han sido más altas que lo previsto, lo cual probablemente se debe a (1) un reclutamiento superior al promedio normal, (2) una reducción del esfuerzo en las zonas donde hay mucho barrilete, a raíz de la disminución del precio del barrilete y el atún aleta amarillo pequeño, y (3) el mayor tamaño promedio del aleta amarilla capturado, que produjo un rendimiento por recluta más elevado. En cuanto al punto (2), cabe mencionar que el modelo de tiempo de búsqueda (Figura 79, segundo recuadro), que incluye un ajuste para cubrir el efecto producido por la pesca en regiones donde se presenta el barrilete, muestra un incremento menor en los últimos años que el modelo de la CPDP (Figura 79, recuadro superior).

El modelo simétrico de producción que se describe a continuación se aplicó por primera vez empleando los datos de captura, esfuerzo, y CPUE de los barcos de carnada del período 1934–1955, lo que suministró una amplia serie de datos del esfuerzo del sector de la curva que corresponde a la subexplotación. Estos datos indicaban que, dentro de la gama del esfuerzo pesquero del que se tenían datos, la población se adaptaba al modelo. En 1960 y 1961 el esfuerzo fue mayor al nivel óptimo por primera vez, y la población reaccionó en años subsiguientes, provocando capturas y CPUE inferiores, lo que sirvió para una mayor confirmación de la aplicabilidad del modelo.

Antes de mediados de los años sesenta sólo se pescaba en la parte del ARCAA cercana a la costa, y alrededor de algunas islas y bancos de altamar. A mediados y fines de la década de los sesenta, comenzó a incrementarse la flota pesquera, y el esfuerzo de pesca se extendió hacia una zona mucho más lejana de la costa. En la Figura 78 se presentan las zonas costeras y de altamar, denominadas respectivamente zonas A1 y A2. Si el intercambio de peces entre estas dos zonas es instantáneo, el RPMS de las dos zonas combinadas sería igual al de la zona A1 solamente, pero si no hay intercambio, el RPMS de las dos zonas combinadas sería la suma de los RPMS individuales de ambas zonas. Los estudios han indicado que el intercambio de peces entre las dos zonas es relativamente lento; por lo tanto, el RPMS de toda el ARCAA es superior al de la zona A1, pero inferior a la suma de los RPMS individuales. Estos estudios han sido descritos detalladamente en Informes Anuales de la CIAT anteriores.

Tal como se mencionó anteriormente, es necesario contar con datos que abarquen una amplia gama de esfuerzo para estimar el RPMS y los valores correspondientes del esfuerzo y la CPUE. En 1968, una vez que se hizo evidente que la estimación del RPMS calculada en la zona A1 no era aplicable a toda el ARCAA, los Delegados autorizaron a los investigadores para emprender un programa experimental de sobrepesca con el objeto de obtener, lo antes posible, una estimación del RPMS en el ARCAA. Esto fue necesario puesto que el esfuerzo había sido relativamente constante durante los escasos años transcurridos desde la extensión de la pesca hacia mar afuera. Al sobrepasar los niveles óptimos del esfuerzo, la captura se reduciría, o al menos no aumentaría. Se podría entonces reducir el esfuerzo para aumentar eventualmente la captura (suponiendo que ésta se había reducido anteriormente) y así sucesivamente, hasta obtener una estimación suficiente-

mente precisa del RPMS. Sin embargo, esto requiere de bastante tiempo, ya que la población no reacciona instantáneamente a los cambios en el esfuerzo de pesca, y también porque las perturbaciones causadas por los factores ambientales dificultan aún más la interpretación de los resultados. El programa experimental de sobrepesca permaneció vigente hasta 1979.

Se utilizan las técnicas de regresión para obtener estimaciones de los parámetros de los modelos de producción, usando datos sobre esfuerzo y captura en varios años. Uno de estos parámetros es una estimación de la biomasa de la población al principio del primer año. Se estima la biomasa de la población al principio del segundo año a partir del modelo, la captura en el segundo año, y las demás estimaciones de los parámetros, y así sucesivamente en los demás años. Se usa el mismo método para estimar la biomasa promedio anual de la población.

Es importante tener en cuenta al aplicar un modelo de producción que el crecimiento de una población, tanto positivo como negativo, se ve determinado por tres factores: crecimiento natural, pérdidas naturales, y captura. La captura es un parámetro fijo en un año dado, y por lo tanto el tamaño de la población al principio del año es lo que determina si la población aumenta o disminuye. Si por alguna razón los factores naturales provocan una reducción mayor a la que predice el modelo, entonces el valor predicho para el año siguiente superará al valor real, y esta sobreestimación seguirá hasta que algo cause que la población crezca con una rapidez mayor a la que predice el modelo. Sucedería lo contrario si al principio creciera la población a un paso mayor al predicho. Sin embargo, existe una diferencia fundamental entre la subestimación y la sobreestimación. Si el crecimiento de la población es inferior a la predicción, las capturas serán menores, y el modelo predirá cambios menores que los reales. Las capturas seguirán siendo inferiores a lo esperado, pero no se predirá un resultado catastrófico. En cambio, si la población supera el tamaño predicho, las capturas también serán superiores a lo esperado, y el modelo predirá reducciones en la población mayores que las reales. Si se realizan capturas grandes en varios años seguidos, entonces es posible que el modelo prediga el colapso de la población, aún cuando ésta sea de un tamaño que prevenga este riesgo. Esta situación resulta del procedimiento secuencial utilizado por el personal de la CIAT, y parece que surgió en el período 1984-1988.

Antes de 1987 se llevaba a cabo la estimación sin ajustes para compensar por el carácter secuencial del procedimiento de estimación, pero pareció entonces necesario incluir algún tipo de ajuste. Al calcular las estimaciones para 1987 se interrumpió la serie de estimaciones de la población en 1985, y se estimó de nuevo la biomasa, dividiendo la CPUE observada en 1985 por la estimación del coeficiente de capturabilidad. Esto parece ser un ajuste razonable, ya que los tres estimadores presentados en la Figura 79 fueron elevados en 1985. Este nuevo procedimiento casi no afectó las estimaciones de los parámetros, pero sí afectó mucho la estimación del tamaño de la población de 1987.

En los Informes Anuales de la CIAT de 1986 y 1987 se presentaron dos análisis basados en los modelos de producción. Uno de ellos emplea el modelo logístico (o simétrico), en el que se supone que la relación de equilibrio entre la captura y la CPUE es lineal. El otro emplea el modelo general de producción de stock, en el que la misma relación no necesita ser lineal. En ambos análisis sólo se usan datos del esfuerzo, estimados mediante la división de la captura total por la CPDP de los barcos de la clase 6 de arqueo (de más de 400 toneladas de capacidad). En ambos ajustes se fijó el coeficiente de capturabilidad q igual a 0.000039, estimación obtenida anteriormente con datos de años precedentes, lo que implica que la capturabilidad de los peces de diversas edades no ha cambiado con el tiempo. Los datos de estas dos curvas son:

Ajuste	<i>m</i>	<i>q</i>	Rendimiento máximo sostenible en miles de toneladas cortas	Suma de cuadrados (x 10 ⁻⁹)
(1)	2.0	0.000039	174	2.224
(2)	0.8	0.000039	178	3.330

m es un parámetro que controla la forma de la curva; 2 la hace simétrica, los valores inferiores a 2 hacen que la curva sea asimétrica hacia la derecha y los valores superiores a 2 la hacen asimétrica hacia la izquierda. La suma de los cuadrados es una medida de la precisión del ajuste de los puntos a la curva; como más bajo el valor, mejor el ajuste, y viceversa.

A partir de los análisis del modelo de producción basados en datos del período 1968–1985, en el Informe Anual de 1985 se afirmó que, para regresar el stock a su magnitud óptima, la captura de 1986 no debía superar a las 224 mil toneladas. Sin embargo, puesto que algunas estimaciones señalaban una cantidad inferior, se fijó la cuota máxima para 1986 en 205 mil toneladas. En la Tabla 40 se puede observar que la captura de 1986 alcanzó 253 mil toneladas, pero que los índices de abundancia no disminuyeron durante ese año. Anteriormente se demostró que la causa más probable de este aumento inesperado de la producción es el incremento del reclutamiento. Las fluctuaciones en el reclutamiento y los cambios en la mortalidad por pesca específica para cada edad siempre han creado dificultades en la aplicación de los resultados de los análisis de los modelos de producción. Como se mencionó anteriormente, el reclutamiento en el período 1984–1987 fue elevado (tal como lo será probablemente aquel de 1988), y estos altos niveles de reclutamiento, junto con los cambios en la mortalidad por pesca específica para cada edad, hacen que sean poco confiables a corto plazo las predicciones hechas a partir de los análisis de los modelos de producción. Por ejemplo, agregando los datos de 1986 y 1987 a la base de datos del período 1961–1985 y calculando nuevamente los parámetros del modelo de producción cambió poco las estimaciones del RPMS y el esfuerzo óptimo y, a largo plazo, ambos modelos, con el ajuste descrito arriba, describieron adecuadamente la producción potencial media del stock. Sin embargo, al agregar los datos de 1988 se ve bien clara la necesidad de una explicación diferente. La captura de 1988 fue tan grande que cuando se añadieron los datos de 1988 el modelo predijo un colapso de la población y capturas por unidad de esfuerzo extremadamente bajas a principios de 1989. Obviamente, ésto no sucedió.

Durante los tres períodos descritos anteriormente el reclutamiento inicial estimado, tamaño medio, rendimiento por recluta, rendimiento potencial, y capturas anuales fueron los siguientes:

Período	Reclutamiento inicial (millones de peces)	Tamaño medio lb (kg)	Rendimiento por recluta (lb)	Rendimiento potencial (1000 tons.)	Captura observada (1000 tons.)
1968–1976	50	23 (10)	6.7	168	156
1977–1983	59	13 (6)	5.4	159	158
1984–1988	70	23 (10)	7.0	245	236

Ya que los rendimientos potenciales de los primeros dos períodos fueron parecidos (si bien por distintas razones), se realizó el ajuste de los modelos de producción a los datos de esfuerzo y captura de 1968–1984 sin complicaciones. No obstante, ya que la producción potencial aumentó mucho durante el tercer período, se hace imposible explicar la relación entre captura y esfuerzo a partir de la suposición de que los parámetros de la población permanecen constantes. Por consiguiente se ajustaron los datos con dos conjuntos de parámetros diferentes, uno para los datos de 1968–1983, y el otro para los datos de 1984–1988 (Figura 80). Los resultados son los siguientes:

Años	m	q	Rendimiento máximo sostenible en miles de toneladas cortas	Suma de cuadrados ($\times 10^{-9}$)
1968-1983	2.0	0.000039	174	0.1174
1968-1983	0.8	0.000025	165	0.3937
1984-1988	2.0	0.000039	293	0.0118
1984-1988	0.8	0.000039	288	0.0125

Los rendimientos predichos para el período 1984-1988 parecen demasiado elevados, a partir del modelo de rendimiento por recluta, pero se dispone de solamente cinco años de datos, y únicamente los cuatro últimos contribuyen al ajuste. El modelo simétrico ($m = 2.0$) parece dar el mejor ajuste (Figura 81), aunque el modelo de rendimiento por recluta indica que el modelo asimétrico ($m = 0.8$) debería dar ajustes mejores.

En la Figura 81 se comparan las CPDP observadas con las CPDP esperadas calculadas del modelo mismo, usando valores de m de 2.0 y 0.8 y datos de dos períodos distintos. Se puede ver que generalmente corresponden bastante bien a lo largo de los años presentados. Sin embargo, en años específicos ocurren divergencias amplias, especialmente para $m = 0.8$. Este se debe a que los modelos de producción sean esencialmente modelos de regresión que suponen condiciones normales, y no pueden reflejar los efectos de cambios grandes a corto plazo en el reclutamiento o la mortalidad específica para cada edad.

Condición del stock en 1988 y perspectivas para 1989

En el ARCAA

El análisis de cohortes produce una estimación del número y peso de los peces de cada grupo de edad en la pesquería al principio de 1989. No obstante, la estimación del reclutamiento de 1988 es preliminar y está sujeta a cambios, tal como se indicó anteriormente, debido a que los reclutas han estado expuestos a la pesquería solamente un año y, si su vulnerabilidad a la captura fue superior o inferior al promedio, entonces el reclutamiento habría sido super- o subestimado. Este análisis proporciona una estimación de la captura en 1989, si llegan a cumplirse ciertas suposiciones acerca del número de peces reclutados, el esfuerzo de pesca, y la mortalidad por pesca específica para cada edad durante 1989. Se ha partido de la suposición que el reclutamiento durante 1988 y 1989 fue superior a lo normal, y que el esfuerzo de pesca y la mortalidad por pesca específica para cada edad en 1989 serán iguales que en 1988. Los resultados indican que la captura de 1989 será inferior a la de 1988 en un 10%, aproximadamente, y que la abundancia disminuiría en un 19%. Sin embargo, si la pesquería se dedica nuevamente a la captura de peces de menor tamaño, tal como ocurrió en el período 1979-1981, y como comenzó a ocurrir en 1988, la captura de 1989, con el esfuerzo al nivel de 1988, disminuirá en un 35%. Claro que si el reclutamiento de 1988 y 1989 resulta normal o inferior al promedio, la captura de 1989 sería menor que lo predicho.

El análisis de 1989 puede proyectarse hasta 1992. A partir de la biomasa de peces existente a principios de 1989, y suponiendo una mortalidad por pesca específica para cada edad estable y similar a la de 1988, y un reclutamiento al nivel de 1984-1988, la captura debiera tender al descenso de los niveles actuales hasta llegar a unas 265 mil toneladas en 1989 y unas 200 mil toneladas en 1992. Bajo este régimen, si permanecen iguales el reclutamiento, el esfuerzo de pesca, y la mortalidad por pesca específica para cada edad, la población debiera encontrarse cerca de su nivel óptimo a fines de 1992 (Figura 82) y seguiría soportando capturas a ese nivel. Es naturalmente muy arriesgado efectuar predicciones a tan largo plazo, puesto que tanto el reclutamiento como la mortalidad por pesca específica para cada edad son altamente variables.

Los análisis del rendimiento por recluta han demostrado que dicho rendimiento puede ser un 24% mayor cuando los barcos dirigen su esfuerzo sobre peces grandes, tal como hicieron en 1985–1986, que cuando lo concentran sobre peces pequeños, tal como ocurrió en 1977–1981. La Figura 83 señala los rendimientos por recluta correspondientes a dos configuraciones diferentes de la mortalidad por pesca específica para cada edad. La línea de trazos se calculó utilizando la mortalidad por pesca específica para cada edad observada durante 1985–1986, y la línea continua señala el rendimiento por recluta utilizando la mortalidad por pesca específica para cada edad de 1977–1981.

En la Figura 84 se presentan los efectos de dos niveles distintos de reclutamiento, los de 1984–1985 (“elevado”) y 1967–1986 (“normal”), combinados con la mortalidad por pesca específica para cada edad de 1985–1986. Se puede ver que el rendimiento con un reclutamiento elevado es un 35 o 40% mayor que con reclutamiento normal, con multiplicadores del esfuerzo de pesca superiores al 0.75.

En la Figura 85 se presentan los efectos combinados de reclutamiento elevado y mortalidad por pesca específica para cada edad similar a aquella de 1985–1986 *versus* reclutamiento normal y mortalidad por pesca específica para cada edad similar a aquella de 1977–1981. En este caso el rendimiento de la primera combinación supera a aquel de la segunda por un 55 a 80%, con multiplicadores del esfuerzo de pesca superiores al 0.75.

Los modelos de producción para los cuales se estimaron los parámetros, usando los datos de 1968–1983, señalan que el stock de aleta amarilla sería reducido a un nivel muy bajo a principios de 1989, a raíz de las capturas grandes realizadas durante 1985–1988. Estos mismos modelos permiten una captura casi nula en 1989. Obviamente estas estimaciones no representan las condiciones verdaderas en la pesquería. Los análisis con estructura de edades demuestran que han ocurrido cambios mayores en la mortalidad por pesca específica para cada edad y el reclutamiento en los últimos cuatro años, y que éstos han causado que la producción del stock sea mucho mayor que lo predicho por los parámetros del modelo de 1968–1983. Si se supone que los datos durante los años más recientes representan las condiciones actuales en la pesquería, y que los parámetros del modelo de producción son estimados de nuevo de la forma descrita anteriormente, entonces lo ocurrido en la pesquería corresponde mucho mejor a lo esperado. Los parámetros nuevamente estimados del modelo predicen que la captura de equilibrio de 1989 debería ser aproximadamente 280 mil toneladas. Ya que se predice que el tamaño del stock será algo mayor al óptimo, la captura de 1989 pudiera superar las 280 mil toneladas sin reducir el stock a un nivel inferior al óptimo. Esto resultaría en CPDP de unas 14.3 toneladas.

Se estima que el reclutamiento ha fluctuado por un factor de 3, aproximadamente, y que no parece tener relación con la magnitud del stock dentro del rango de datos de pesca observados (Figura 86). Esta situación dificulta aún más la elaboración de pronósticos a corto plazo con modelos de producción. Para mejorar las predicciones obtenidas a partir de este modelo es necesario utilizar información sobre el reclutamiento. Lo más conveniente sería efectuar pronósticos con uno o dos años de anticipación. El Laboratorio de la CIAT en Achotines, República de Panamá, se creó, en parte, para obtener información que permita realizar pronósticos sobre el reclutamiento de aleta amarilla, pero no se obtendrá información útil en el futuro inmediato. Tal como se señaló en el Informe Anual de la CIAT de 1985, las fluctuaciones en el reclutamiento parecían tener relación con cambios importantes en el medio oceánico. Las estimaciones del reclutamiento derivadas de los análisis de las cohortes (Tabla 37) indican que existieron fuertes anomalías positivas en el reclutamiento de 1971, 1974, y 1978. Estos incrementos del reclutamiento fueron precedidos por un aumento general de la temperatura del océano (El Niño) en 1969, 1972, y 1976. A partir de esta correlación se esperaba un incremento del reclutamiento después del fuerte evento de El Niño de 1982–1983 y, efectivamente, así fue. En 1986–1987 ocurrió otro Niño, de menor intensidad y extensión; por lo tanto las aguas del Pacífico oriental fueron más cálidas que de costumbre desde 1982 hasta 1986. El reclutamiento del período 1984–1988 ha sido el mayor jamás registrado en un período de cinco años.

No se comprenden los mecanismos subyacentes de la relación entre El Niño y el incremento del reclutamiento, pero podrían tener relación con factores que afectan la supervivencia de peces jóvenes en la zona de la pesquería, o deberse a un cambio en la velocidad en que los huevos, las larvas, y los juveniles postlarvales son llevados al y del Pacífico oriental por las corrientes oceánicas principales. Un Niño afecta la velocidad e incluso la dirección de estas corrientes. Puesto que los efectos de un evento de El Niño sobre la pesquería no son observables hasta casi dos años después de ocurrido el fenómeno, si ésta correlación persiste será un indicador útil de cambios positivos en el reclutamiento.

En resumen, la evaluación del efecto de la pesca sobre la abundancia y rendimiento del aleta amarilla en el Pacífico oriental presenta dificultades. La utilización exclusiva de los modelos de producción arroja resultados tenues, y en consecuencia se han combinado los resultados de tres modelos diferentes (rendimiento por recluta, cohortes, y producción) para llegar a lo que se cree ser las conclusiones más acertadas. Sin embargo, la capacidad de pronóstico de estos análisis está sujeta a un margen de error considerable. Se prosigue la exploración de técnicas analíticas alternas para llegar a las mejores estimaciones posibles de productividad del stock de aleta amarilla.

La abundancia del aleta amarilla se ve determinada por tres factores: reclutamiento, mortalidad por pesca específica para cada edad, y capturas.

En cuanto al primer factor, parece actualmente que el reclutamiento se ve determinado exclusivamente por factores naturales, aunque es concebible que el futuro se pueda demostrar que una mortalidad por pesca muy elevada o una contaminación ambiental severa pudiera reducir el reclutamiento.

Con respecto al segundo factor, es posible modificar la composición por talla de la captura, al menos teóricamente. Se ha hecho hincapié en esta posibilidad en múltiples ocasiones, pero no se han formulado recomendaciones para la protección de los peces de menor tamaño. Sin embargo, y como se señaló anteriormente, las capturas de peces pequeños disminuyeron durante 1985–1987. Esta modificación de la composición de talla de la captura se debe a la reducción de la demanda de peces pequeños, pero es imposible prever la duración de esta situación. De hecho, tal como se comentó anteriormente, la captura de peces más pequeños fue mayor en 1988 que en 1985–1987. Hay varias maneras de reducir la captura de peces pequeños: 1) reducir el esfuerzo de pesca; 2) fijar un tamaño mínimo; 3) limitar la pesca en las zonas y las épocas en que predominan los peces pequeños; 4) suponiendo que fuera posible restablecer el sistema anual de clausura, modificar la fecha de apertura de la temporada, para así reducir la cantidad de pesca durante el período en el cual los peces pequeños son más abundantes en la captura.

En cuanto a la primera opción, se ha señalado que la reducción de la pesca durante el período 1982–1984 produjo un incremento en el tamaño promedio de los peces de la población, lo que aumentó su productividad. Sin embargo, una disminución adicional del esfuerzo probablemente no produciría un aumento de la captura, a menos de que la composición por tamaño del stock fuera cambiado por una pesca intensiva de peces pequeños.

En cuanto a la segunda opción, los análisis de los datos de composición de tamaño indican que, por lo general, las capturas consisten de mezclas de peces pequeños y grandes, y de aletas amarillas pequeños y barriletes. Esto dificultaría la protección del aleta amarilla pequeño, ya que es posible que sean capturados en grandes cantidades por barcos que intentan capturar barriletes y atunes aleta amarilla grandes. Si no se permitiera la descarga de los peces pequeños, se arrojarían al mar, ya muertos, y el rendimiento por recluta se reduciría en lugar de aumentar.

En cuanto a la tercera opción, la veda en zonas de mayor abundancia del aleta amarilla pequeño quizás serviría para incrementar el rendimiento por recluta de esta especie, siempre que la flota pudiera pescar con buen éxito en zonas donde hay peces de mayor tamaño, pero la reducción de las capturas de barrilete probablemente sería mayor que el aumento de las capturas de aleta

amarilla, ya que el barrilete es más abundante en esas zonas donde se encuentran los aletas amarillos pequeños en mayores cantidades.

En cuanto a la cuarta opción, no parece que la modificación de la fecha de apertura de la temporada produzca el beneficio deseado. Durante los primeros años del período en que rigieron las vedas anuales, cuando la mayor parte del esfuerzo de pesca se ejercía en el primer semestre del año, sólo se obtenían pequeñas capturas de los peces de la cohorte Y que ingresaban por primera vez a la pesquería con un peso de 1.5 a 3.1 kg (3.4 a 6.8 libras) en el segundo semestre del año. Se creyó que esto se debía fundamentalmente a la falta de vulnerabilidad a la pesca de los peces de esta cohorte. Sin embargo, en años posteriores, la pesca fue intensa durante el segundo semestre del año, y la captura de peces de la cohorte Y entrante aumentó substancialmente. En consecuencia, es posible que la modificación de la temporada no proteja a los peces más jóvenes al grado esperado.

Actualmente, no se puede recomendar ninguna de las medidas anteriores, puesto que no es posible predecir el efecto de tal reglamentación sobre la captura real (no el descargue) de peces pequeños.

Con respecto al tercer factor, el personal de la CIAT ha recomendado solamente cuotas de captura para reglamentar la pesquería. Los análisis precedentes demuestran que el stock de aleta amarilla dentro del ARCAA se encuentra probablemente por encima del nivel óptimo, y que la captura de 1989 será un 5 a 10% inferior a la de 1988, o unas 265–280 mil toneladas. En vista de la actual capacidad de pesca existente en el Pacífico oriental, es muy poco probable que se sobreexplota el recurso, pero se recomienda una cuota mínima de 220 mil toneladas, cifra que se puede aumentar, en dos incrementos de 30 mil toneladas cada uno, a la discreción del Director.

Fuera del ARCAA

Se ha pescado en la zona fuera del ARCAA (Figura 78, Zona A3) desde 1968 (Tabla 40). No se pesca mucho en esa zona en el primer semestre del año, debido principalmente al mal tiempo. Durante muchos años la pesca ilimitada estuvo ya vedada en el ARCAA en mayo y junio, cuando mejora el tiempo, y muchos de los grandes barcos de la flota internacional se trasladaron a zonas de pesca fuera del ARCAA antes de esas fechas. Los experimentos de marcado señalan que el índice de mezcla entre esta zona y el ARCAA es bajo, por lo que hasta la fecha se han analizado por separado el aleta amarilla de la zona fuera del ARCAA y el del ARCAA.

La CPDP de 1969 sobrepasó las 20 toneladas, pero durante el período 1970–1984, la CPDP se ha mantenido bastante constante, entre 7 y 13 toneladas (Figura 87, recuadro superior). En 1985 la CPDP aumentó hasta casi alcanzar el nivel logrado en 1969, y en 1986 lo superó, pero en 1987 descendió de nuevo, tendencia que continuó en 1988. La tendencia ascendente de la CPDP en 1983–1986 es igual a la del ARCAA (Figura 79, recuadro superior). Se cree que esto se debe a que los mismos factores que afectaron a la CPDP dentro del ARCAA afectaron a la CPDP fuera del ARCAA de la misma manera. En 1969, 1970, y 1971, el esfuerzo fue inferior a 2.9 mil días, y las capturas inferiores a las 31 mil toneladas (Figura 87, recuadro inferior). En el período 1972–1976, el esfuerzo y las capturas fueron casi constantes, el esfuerzo entre 3.5 y 4.2 mil días y las capturas entre 41 y 51 mil toneladas. Desde 1977 hasta 1984, aparentemente a raíz de la reducción del esfuerzo, las capturas alcanzaron un promedio de tan sólo unas 20 mil toneladas, pero las CPDP fueron sólo ligeramente inferiores a las de 1970–1976. Durante 1985, el esfuerzo fue el más bajo que se ha aplicado desde 1969, pero la CPDP fue muy elevada. En 1986 el esfuerzo aumentó y, con la CPDP muy elevada, la captura fue la mayor lograda desde 1976. Los valores de la captura y del CPDP en 1987 fueron aproximadamente iguales a los de 1985. Durante 1988 disminuyeron tanto el esfuerzo como la CPDP, lo cual resultó naturalmente en una captura reducida. En el recuadro inferior de la Figura 87 se observa claramente que, con excepción de 1986, la captura en la zona fuera del ARCAA ha permanecido proporcional al esfuerzo. Puesto que el esfuerzo ha sido relativamente bajo en años recientes, situación que también prevaleció en 1988, y debido a que los factores que afectan el

reclutamiento en el ARCAA probablemente afectan igualmente a las zonas fuera del ARCAA, no parece existir una razón biológica para fijar límites en la captura o en la intensidad de la pesca fuera del ARCAA.

El peso promedio de los peces capturados fuera del ARCAA se redujo de unos 29 kg (63 libras) en 1972–1976 a unos 12 kg (27 libras) en 1979–1983, luego aumentó a unos 29 kg (65 libras) en 1984, y permaneció casi igual en 1985 (Figura 88). En 1986, el peso promedio aumentó a aproximadamente 34 kg (76 libras), y a 40 kg (89 libras) en 1987, el más elevado jamás registrado. En 1988 el peso promedio disminuyó a 27 kg (59 libras), el nivel de 1984–1985. La disminución general observada hasta 1983 podría deberse al aumento en la mortalidad por pesca, pero también es posible que haya sido producida por cambios en los métodos de pesca, es decir, un aumento de la pesca de cardúmenes asociados con objetos flotantes y una disminución de la pesca de cardúmenes asociados con delfines. El aumento de 1984–1987 se debió probablemente a la reducción de las capturas de 1982–1985, lo que permitió el mayor desarrollo de los peces. Es necesario continuar con la supervisión estrecha de la pesca en la zona fuera del ARCAA para evaluar las distintas posibilidades.

BARRILETE

Las capturas mundiales del barrilete han superado las de las otras especies de atunes desde hace muchos años. Sin embargo, un aumento en las capturas de aleta amarilla y patudo y una disminución en las de barrilete en 1985, 1986, y 1987 ha resultado en la reducción de la proporción de barrilete en las capturas de las especies de mayor importancia comercial (barrilete, aleta amarilla, patudo, albacora, y aleta azul del norte y del sur) de un 50% en 1984 a un 42%, 45%, y 44% en 1985, 1986, y 1987, respectivamente. En el Océano Pacífico el barrilete formó un 50%, 51%, y 47% de la captura en 1985, 1986, y 1987, respectivamente, comparado con un 57% en 1984. En la Figura 89 se presentan las capturas mundiales de barrilete, divididas por zonas. Es evidente que las capturas en el Océano Pacífico son muy superiores a las del Océano Atlántico o Índico, y que las capturas en la parte central y occidental del Pacífico son mucho más elevadas que las del Pacífico oriental. Las capturas en el Pacífico oriental permanecieron aproximadamente al mismo nivel desde 1965 hasta 1988, con excepción del incremento en el período 1975–1981; en cambio las capturas de otras zonas se han duplicado con creces.

En el Océano Pacífico nordeste la pesca de barrilete en gran escala se realiza cerca de Baja California, las Islas Revillagigedo, y la Isla Clipperton, mientras que en el sudeste del Océano Pacífico se efectúa cerca de América Central, la parte septentrional de Sudamérica, la Isla de Cocos-Banco de Brito y las Islas Galápagos. La zona de aguas cálidas a la altura de México meridional que separa estas dos regiones generalmente carece de barrilete, pero en algunos años, como sucedió en 1956, la distribución de barrilete ha sido continua de norte a sur. La pesca de barrilete en el Océano Pacífico oriental se efectúa más cerca del litoral que la del aleta amarilla, pero en los últimos años ha aumentado la proporción de barrilete capturado mar afuera. En el Océano Pacífico central se explota el barrilete en menor escala cerca de las islas de Hawái y la Polinesia Francesa (las Islas Marquesas, Tuamotu, y Sociedad). Hacia el oeste, cerca de Fiji, las Filipinas, Indonesia, Japón, Papua Nueva Guinea, Nueva Zelandia, las Islas Salomón, *etc.*, se explota el barrilete en forma más significativa.

La captura de barrilete en el Océano Pacífico oriental varía considerablemente de un año a otro (Figura 89). A fines de la década de los cincuenta se obtuvieron grandes capturas de barrilete al sur de los 5°S, y desde esa época hasta principios de los años setenta se obtuvieron grandes capturas de esta especie cerca de la costa, a la altura de Ecuador y el norte de Perú. Sin embargo, a principios de la década de los setenta, el centro de abundancia del grupo sudeste se trasladó aparentemente a las aguas frente a Colombia y América Central, regresando nuevamente hacia Colombia y Ecuador a principios de la década de los ochenta. En 1988 se lograron capturas sustanciales frente a Centroamérica (Figura 5).

En la Figura 19 se presenta la composición de tamaño de las muestras de barrilete obtenidas en el Pacífico oriental entre 1983 y 1988. Son evidentes las diferencias entre los años; los peces fueron más pequeños en 1988 que en 1985–1987.

Estructura de la población

Es de importancia fundamental establecer si el barrilete que aparece en el Océano Pacífico forma parte de una sola subpoblación o de varias subpoblaciones, y en este último caso, determinar en qué zonas aparecen las diferentes subpoblaciones e investigar las variaciones de la distribución según el tiempo y la edad. Se han usado varios métodos para estudiar este problema, incluidos el análisis de las estadísticas de captura, el ciclo vital, el marcado, y los datos genéticos bioquímicos. Diversas organizaciones, entre ellas la CIAT, la South Pacific Commission (SPC), el National Marine Fisheries Service (NMFS) de los EE.UU. y varias entidades japonesas han estudiado estos temas. Los resultados y recomendaciones de estos estudios se analizaron en una reunión de trabajo patrocinada por la SPC en 1980, a la que asistieron biólogos pesqueros y especialistas en genética de población; las conclusiones de esa reunión fueron analizadas a fondo en el Informe Anual de la CIAT de 1984. En resumen, existen dos hipótesis principales sobre el barrilete del Océano Pacífico: (1) la hipótesis de la subpoblación separada, que afirma que en el Océano Pacífico existen al menos dos subpoblaciones de barrilete genéticamente distintas; (2) la hipótesis de gradación (o clinal), que sostiene que no existen subpoblaciones separadas de barrilete en el Océano Pacífico sino que hay aislamiento por distancia: es decir, la probabilidad de hibridización de dos peces dados es una función inversa de la distancia entre uno y otro. En la reunión de trabajo se concluyó que la información actualmente disponible no permite decidir a favor de una u otra de las dos hipótesis.

El Informe Anual de la CIAT de 1984 contiene además un análisis de la estructura de población del barrilete en el Pacífico oriental, y su relación con las poblaciones en el resto del Pacífico. El marcado ha demostrado que ocurre poca mezcla de peces entre la zona del norte de México y la del norte de Sudamérica-Centroamérica. Existe una correlación moderada entre las capturas de barrilete de la zona nordeste y sudeste, sin embargo, pero en ocasiones, como sucedió en 1970, la captura es superior al promedio en una zona e inferior al promedio en la otra (Figura 90). Un examen de los datos disponibles lleva a la conclusión que el barrilete del norte de México y el de Sudamérica-Centroamérica parece formar parte de un solo grupo que habita una zona en forma de arco cuyos extremos se encuentran en esas dos zonas; los peces que se encuentran en los extremos de la distribución se mezclan, en cierta medida, en las zonas de desove del Pacífico central y/o occidental.

Abundancia

Hace ya varios años que se realizan estudios a modesta escala para determinar los efectos de las condiciones ambientales sobre la abundancia, disponibilidad, y vulnerabilidad a la captura del barrilete en el Océano Pacífico oriental. Uno de estos estudios, descrito en los documentos de reuniones anteriores de la CIAT, analiza la relación entre la abundancia aparente de barrilete en su segundo año de vida en el Océano Pacífico oriental y (1) el promedio de la temperatura de la superficie del mar (TSM) en la zona del Océano Pacífico comprendida entre los 135° y los 180°W con TSM superiores a los 27.8°C (82°F); y (2) el índice de mezcla por viento (el cubo de la velocidad promedio del viento, que es aproximadamente proporcional al grado de mezcla causado por el viento en las capas superiores del océano) en esta zona.

El primer análisis se efectuó en vista de la alta correlación positiva entre la temperatura y la concentración de larvas de barrilete capturadas en los arrastres de redes de zooplancton, lo cual permite pensar que puede haber más desove o supervivencia de larvas en los años más cálidos. El segundo análisis se realizó porque es posible que la supervivencia de las larvas de barrilete dependa del grado de mezcla de las capas superiores del océano. Las investigaciones realizadas en el NMFS

Southwest Fisheries Center de La Jolla indican que en la Corriente de California el alimento apto para las larvas de anchoa en sus primeras alimentaciones suele concentrarse en grupos y estratos bien definidos. El afloramiento y la mezcla deshacen los estratos y dispersan los organismos alimenticios, de modo que muchas de las larvas no pueden obtener alimento suficiente para sobrevivir. Aparentemente, existe una relación entre el desarrollo de generaciones fuertes de anchoas adultas y la debilidad de los vientos durante la etapa larval, y viceversa, y se creyó que pudiera ocurrir lo mismo en las zonas de desove del barrilete en el Pacífico central. Se descubrió una correlación significativa entre la abundancia del barrilete y la TSM, y una correlación altamente significativa entre el barrilete y el índice de la mezcla del viento, ya que este índice es responsable del 46% de la variabilidad en la abundancia aparente del barrilete en su segundo año de vida en el Pacífico oriental.

Se han realizado además investigaciones para determinar si existe una relación entre la abundancia aparente del barrilete en su segundo año de vida en el Pacífico oriental y la fuerza de la

En la Figura 91 se presentan los rendimientos por recluta del barrilete para varias combinaciones de agotamiento natural (la mortalidad natural más la emigración), esfuerzo de pesca, y tamaño de ingreso. Para obtener los cálculos que forman la base de esta figura se integraron las estimaciones de los investigadores de la CIAT de la mortalidad por pesca específica para cada edad durante 1986–1987, el crecimiento, y el agotamiento natural. Las fuentes de los datos sobre crecimiento en peso son las siguientes:

Cómputo	Ecuación	Fuente
Crecimiento en longitud	24cm/año	Boletín de la CIAT; Vol. 19, N° 6

máximo rendimiento por recluta del barrilete adolescente del Océano Pacífico oriental mediante la pesca intensiva de ejemplares de más de 30 cm. Aunque podría pensarse que esto reduciría el reclutamiento en años subsiguientes, los conocimientos actuales sobre el desove y la estructura de la población indican que es poco probable que así suceda.

Se puede afirmar con bastante seguridad que el barrilete ha sido subexplotado en el Océano Pacífico oriental, y que esta situación no cambiará en el futuro inmediato. No obstante, es importante adquirir mayores conocimientos sobre esta especie y su relación con el ambiente, en particular por las dos razones siguientes. En primer lugar, es posible que estos conocimientos permitan pronosticar, con varios meses de anticipación, la abundancia de barrilete en el Pacífico oriental, lo cual sería muy valioso para los pescadores, quienes deben decidir por adelantado si han de pescar en el Pacífico oriental o en alguna otra zona oceánica. En segundo lugar, es posible que el conocimiento de las condiciones ambientales favorables para la existencia del barrilete, junto con la noción de los procesos dinámicos del océano, permita pronosticar los lugares y momentos en que existe mayor probabilidad de capturar barrilete, lo cual aumentaría la eficacia de la flota pesquera. Recientemente se ha analizado una gran variedad de datos sobre el barrilete y su relación con el ambiente, y en 1988 se completó el borrador final de un importante informe sobre este tema. Será publicado en 1989.

ALETA AZUL DEL NORTE

El aleta azul ocurre tanto en el Océano Atlántico como en el Pacífico. Las capturas mundiales y del Pacífico son mucho menores que las del barrilete, aleta amarilla, patudo, y albacora; sin embargo, la pesquería posee valor económico considerable. En la Figura 93 se presentan las capturas anuales del atún aleta azul en el Océano Pacífico durante el período de 1951–1988. Las artes epipelágicas obtienen la mayoría de las capturas tanto en la parte oriental como occidental del Pacífico. Las capturas en el Pacífico occidental fueron bien superiores al promedio durante 1978–1983, relativamente pobres en 1984, y mejoraron en 1985 y 1986. Las capturas en el Pacífico oriental fueron pobres durante 1980–1984, mejoraron en 1985 y 1986, y volvieron a ser pobres en 1987 y 1988.

En el Pacífico oriental casi toda la captura es lograda por barcos cerqueros que pescan bastante cerca de la costa de Alta y Baja California. La temporada de pesca se extiende típicamente desde fines de mayo hasta mediados de octubre, aunque también se efectúan capturas esporádicas en otros meses. La captura en 1988 fue unas 1,500 toneladas, unas 400 toneladas superior a la de 1987, pero la quinta más baja desde 1951. En 1988 la zona de captura del aleta azul se extendió desde 24°N hasta 35°N. Se capturó la especie entre junio y diciembre, pero se logró más del 80% de la captura en junio, julio, y agosto.

El personal de la CIAT estudia el atún aleta azul en modesta escala desde 1973. Antes de 1979, se obtenían datos de bitácora y se medían muestras de peces capturados por embarcaciones cerqueras en el Pacífico oriental para determinar la composición de longitud, pero a partir de ese año se intensificaron los estudios. En 1979, se preparó un análisis de los datos referentes a la evaluación de los stocks de esta especie (Informe Interno 12 de la CIAT). El Informe Anual de la CIAT para 1979 contiene un resumen de parte de este análisis. Asimismo, en 1982, los datos sobre la captura epipelágica del atún aleta azul por zona, fecha, clase de arqueo, tamaño del cardumen, tipo del mismo, etc., fueron recopilados, analizados, y publicados en el Boletín de la CIAT, Vol. 18, N° 2. Un investigador del Far Seas Fisheries Research Laboratory (FSFRL) en Shimizu (Japón) trabajó en la oficina principal de la CIAT desde septiembre de 1988 hasta enero de 1989, colaborando con científicos de la Comisión en estudios del aleta azul. Se resume este trabajo en la sección titulada *Estudios del aleta azul*.

En la Figura 20 se presentan histogramas del tonelaje estimado de aleta azul capturado en el Océano Pacífico oriental en 1983–1988, por intervalos de 2 cm. En octubre de 1986 se capturaron

peces de entre 178 y 198 cm de longitud (de unos 105 a 140 kg/230 a 310 libras) cerca de Punto Concepción, California. Entre el 31 de octubre y el 31 de diciembre de 1988 se capturaron aletas azules grandes cerca de las Islas Channel, frente a Alta California del Sur. Muchos de estos peces pesaban más de 136 kg (300 libras), y el mayor pesó 458 kg (1,009 libras). El récord oficial para el Pacífico oriental era 237 kg (522 libras), establecido frente a Alta California del Sur en diciembre de 1981, y se registró también la captura de un ejemplar de 555.5 kg (1,225 libras) por un barco palangrero japonés en el Pacífico occidental. El tonelaje total capturado frente a Alta California del Sur entre el 31 de octubre y el 31 de diciembre de 1988 fue solamente 144 toneladas cortas, pero estos peces poseían gran valor económico, ya que inmediatamente después de su captura se les transportó por avión al Japón, donde se pagan precios muy altos por aleta azul fresco.

La única zona del Océano Pacífico donde se sabe que ocurre el desove es en las inmediaciones del Japón. Aparentemente, algunos peces permanecen toda su vida en el Pacífico occidental. Otros migran al Pacífico oriental, probablemente durante el primer o segundo año de vida en el caso de la mayoría o hasta todos. Los que se desplazan durante el primer año se encuentran expuestos a la pesca de arrastre (sedal con anzuelo y cebo) veraniega y otoñal dirigida sobre atunes aleta azul pequeños y otras especies frente al Japón antes de empezar su viaje al Pacífico oriental en el otoño o invierno. Los que se desplazan en el segundo año de vida se encuentran además expuestos a la pesca de arrastre invernal y demás formas de pesca que se practican en las inmediaciones del Japón, antes de comenzar su viaje al Pacífico oriental en la primavera, el verano, o el otoño. Después de atravesar el océano, los peces migrantes son pescados por barcos cerqueros frente a Alta y Baja California.

No está ni confirmada ni refutada la hipótesis que peces de longitud inferior a unos 100 cm, que forman la mayor parte de la captura del Pacífico oriental, abandonan el Pacífico occidental cada otoño o invierno. Es poco común capturar un aleta azul de ese tamaño en el Pacífico oriental entre noviembre y abril, lo cual pudiera indicar que hayan abandonado la región. Sin embargo, es poco probable que recorran la distancia entera al Pacífico occidental, ya que no se ha recapturado en el Pacífico occidental ningún pez marcado liberado en el Pacífico oriental tras menos de 674 días en libertad; si la mayoría de ellos migrara al Pacífico occidental cada otoño o invierno, y regresara al Pacífico oriental cada primavera, entonces sería probable que se hubiera recapturado algunos de ellos en el Pacífico occidental en el invierno o primavera tras menos de unos 100 o 150 días en libertad. Además, los gastos energéticos de realizar una migración tan larga son tan elevados que probablemente no sería factible para un pez efectuar dos migraciones tales por año durante varios años seguidos.

Tras una estadía en el Pacífico oriental, que pudiera o no ser interrumpida por visitas al Pacífico central u occidental, los sobrevivientes regresan al Pacífico occidental, donde eventualmente desovan. No se sabe cuánto tiempo permanecen en el Pacífico oriental, pero no cabe duda que algunos peces permanecen allí por lo menos dos años, ya que peces marcados en el Pacífico oriental han sido recapturados ahí mismo después de haber estado hasta 2 años en libertad. En el Pacífico oriental se capturan peces de por lo menos 6 o 7 grupos de edad, y es por consiguiente posible que algunos peces permanezcan allí por lo menos 5 o 6 años.

De vez en cuando se capturan peces grandes en el Océano Pacífico oriental, especialmente cerca de la Isla Guadalupe (México) y las Islas Channel (Alta California—véase arriba). Los más grandes tienen casi seguramente más de 10 años de edad, pero no han vivido necesariamente en el Océano Pacífico oriental desde alcanzar la edad de año y medio o dos años, aproximadamente. Es posible que hayan llegado allí por primera vez poco antes de ser capturados, o que hayan cruzado el Pacífico en ambas direcciones más de una vez. Parece sin embargo poco probable que todos los peces grandes pudieran desovar en el Pacífico occidental cada año, ya que se han capturado algunos en el Pacífico oriental durante la temporada de desove.

La escasa captura de aleta azul en el Pacífico oriental y occidental en algunos años preocupa a los investigadores de la CIAT, y se ha prestado especial atención a las escasas capturas en el Pacífico

oriental durante 1980–1984 y 1987–1988. La reducción en las capturas en el Pacífico oriental en años recientes pudiera ser debido a (1) una disminución en la abundancia total de peces de más de unos 60 cm de longitud, causada por la fuerte explotación de peces en el primer año de vida cerca del Japón, (2) una reducción del esfuerzo pesquero en el Pacífico oriental, (3) una disminución en la vulnerabilidad a la captura de aquellos peces que migraron al Pacífico oriental, y/o (4) una reducción en la disponibilidad del aleta azul en el Pacífico oriental (es decir, una reducción en la proporción de la población que migró al Pacífico oriental o una estadía más corta en dicha zona de aquellos peces que sí realizaron la migración).

Con respecto a la primera posibilidad, datos inéditos del FSFRL sobre la composición por edad de la captura de aletas azules lograda por barcos japoneses durante 1966–1986 indican que no ha ocurrido una reducción en las capturas de peces mayores de edad 0+, ni tampoco un aumento en la proporción de peces de edad 0+ a la de peces mayores, lo cual parece eliminar esta hipótesis.

En cuanto a la segunda posibilidad, a partir de fines de los años 70 se ha ido reduciendo la cantidad de barcos cerqueros menores, que anteriormente habían sido responsables de la mayoría de las capturas de aletas azules en el Pacífico oriental. Se deberían estudiar los datos de esfuerzo y captura de una forma que permitiera determinar hasta cual punto la reducción en las capturas se debe a la disminución del esfuerzo de barcos de varias capacidades. Por lo tanto se entablaron los siguientes datos correspondientes a la zona al norte de 23°N y el período de mayo a octubre para 1975 a 1987: (a) tonelaje de aleta azul capturado; (b) número de lances cerqueros; (c) proporción de los lances que capturó aleta azul; (d) tonelaje de aleta azul capturado por lance positivo; y (e) porcentaje de aleta azul capturado frente a México y los Estados Unidos. Se logran casi todas las capturas de aleta azul al norte de 23°N, y la gran mayoría de ellas entre mayo y octubre. El período de 1975 a 1987 incluye años con capturas normales y subnormales. En la Figura 94 se presentan algunos de los resultados obtenidos. La mayor disminución ocurrió en las capturas (excepto en las clases 2 y 3 de arqueo). La cantidad de lances realizados por barcos de las clases 3, 4, y 5 disminuyó en un 50%, mientras que la captura media por lance positivo sobre aletas azules permaneció más o menos igual. La proporción de lances que capturó aletas azules fue mayor en 1985 y 1986 que en los otros años con capturas de aleta azul medias o superiores al promedio, 1975–1980 y 1982. La proporción de las capturas lograda frente a México y los Estados Unidos permaneció más o menos igual para cada clase de arqueo durante el período en cuestión. Estos datos indican que la mayoría de la disminución en las capturas de aleta azul se debe a una menor vulnerabilidad o disponibilidad de esta especie a la captura, y que el papel desempeñado por la disminución del esfuerzo es menos importante.

En cuanto a la tercera posibilidad, no existe ninguna razón obvia por sugerir que la vulnerabilidad a la captura de los peces en el Pacífico oriental haya disminuido, y por lo tanto se descarta esta posibilidad hasta que se presenten pruebas al contrario.

Finalmente, la cuarta posibilidad. Los datos de captura a edad específica discutidos en la sección titulada *Estudios del aleta azul* indican una correlación negativa entre las capturas en el Pacífico oriental de peces de todas edades y las capturas del Pacífico occidental de peces de 2 años de edad. Los datos de marcado resumidos en esa sección señalan además que aletas azules de 2 años de edad estaban más disponibles en el Pacífico oriental en 1985 y 1986 que en otros años, y que se lograron las mejores capturas del período 1980–1988 en aquellos años. Los datos de frecuencia de longitud del Pacífico oriental proporcionan información sobre la duración de la estadía media en esta zona. Las proporciones de peces grandes y pequeños en el Pacífico oriental en los períodos de 1980–1984 y 1987–1988 fueron más o menos iguales a las de otros años, lo cual indica que la estadía media en el Pacífico oriental no ha disminuido.

Esta información sugiere al menos tres temas de investigación de alta prioridad. El primero es más estudios de la estructura de las poblaciones. hace falta una investigación más a fondo de la conclusión tentativa que existe una sola población principal de la cual proporciones variables migran al Pacífico oriental en diferentes años. Si se confirma esta conclusión, se deberían hacer esfuerzos

para determinar cuáles condiciones oceanográficas influyen sobre la migración de peces del Pacífico occidental al oriental. Sería también de interés saber si los aletas azules criados en el Mar del Japón son genéticamente distintos de los que se crían al sur del Japón. Se obtendría posiblemente mayor información de estudios genéticos bioquímicos, pero éstos serían probablemente caros y de larga duración. El segundo es un mayor estudio de los datos de captura, frecuencia de longitud, y edad de las pesquerías del Pacífico occidental y oriental, y un análisis de éstos enfocado en el Pacífico entero. El tercero sería un análisis de rendimiento por recluta. Esto ya se ha llevado a cabo, usando solamente los datos en la Tabla 41. El origen de los datos de crecimiento con relación al peso fue el siguiente:

Cómputo	Ecuación	Fuente
Crecimiento en longitud	$l_t = 219(1 - e^{-0.211t})$	Inf. Anual CIAT, 1984: 258
Relación longitud-peso hasta mayo del tercer año de vida	$\log_e w = 3.40 \log_e l - 20.1$	Inf. Anual CIAT, 1980: 120
Relación longitud-peso después de mayo del tercer año de vida	$\log_{10} w = 2.78 \log_{10} l - 7.67$	California Department of Fish and Game, datos inéditos

El coeficiente de mortalidad natural en términos anuales se fijó en 0.6, y los coeficientes de mortalidad por pesca de las diversas pesquerías se asignaron a base de la información sobre las capturas obtenida de las estadísticas de captura y la devolución de marcas. En la Figura 95 se muestran las isolíneas del rendimiento por recluta derivadas a partir de estos datos. Los resultados de estos análisis indican que, en los supuestos niveles actuales del esfuerzo de pesca, el rendimiento por recluta se incrementaría si la edad de ingreso a la pesquería se elevara a unos 15 a 18 meses (alrededor de 51-59 cm). Se espera poder obtener datos adicionales para proseguir con estas investigaciones.

PATUDO

En la Tabla 42 se presentan datos sobre las capturas de patudo en el Océano Pacífico. Las capturas de esta especie en el Pacífico oriental logradas por todas artes en años recientes fueron muy parecidas a las de barrilete, pero marcadamente inferiores a las de aleta amarilla (Tabla 1). Se captura el patudo principalmente con palangre. Al principio de los años 50 se practicaba muy poca pesca con palangre en el Pacífico oriental, y las capturas eran por consiguiente bajas. Sin embargo, a mediados de la misma década, barcos japoneses comenzaron a pescar en esta zona, y las capturas de patudo aumentaron, y por lo tanto los investigadores de la CIAT han prestado mayor atención a la especie. Entre 1965 y 1988 se publicaron ocho trabajos sobre la pesca palangrera japonesa del patudo y especies afines en el Pacífico oriental.

Las capturas estimadas de patudo por las artes epipelágicas en el Océano Pacífico oriental aumentaron hacia fines de los años 60 y en los años 70, y disminuyeron a partir de 1981 (Tabla 42). El aumento en las capturas se debió evidentemente a dos factores. En primer lugar, la captura del patudo no está reglamentada, lo cual pudo haber causado un aumento en las capturas reales, ya que los pescadores habrían preferido en algunos casos pescar esta especie y no el aleta amarilla, debido a que la captura de éste último estuvo controlada en una región considerable del Pacífico oriental durante la última parte de cada año entre 1966 y 1979. Simultáneamente, la pericia de los pescadores en capturar patudo probablemente mejoró. En segundo lugar, las estadísticas recientes son más precisas. Los pescadores obtienen el mismo precio por el patudo que por el aleta amarilla, así

que frecuentemente se han registrado las capturas de patudo como si fueran de aleta amarilla. No obstante, desde que se promulgaron las reglamentaciones se registran con más frecuencia las dos especies por separado, y en las localidades donde no se hace así se ha aumentado la cobertura de descargues por parte de los empleados de la CIAT, quienes estiman las proporciones de las dos especies en descargues mixtos.

Los estudios de los investigadores de la CIAT sobre el patudo capturado por artes epipelágicas han consistido principalmente en (1) anotar y procesar los datos de captura y esfuerzo basados en los cuadernos de bitácora y la información sobre el peso descargado, (2) la recolección de datos frecuencia-longitud en las enlatadoras, y (3) el análisis de estos datos. Además, durante el período 1959–1978 se marcaron 611 patudos capturados por artes epipelágicas, y se han recapturado 15 de éstos.

En la Figura 96 se presentan las distribuciones trimestrales de la captura epipelágica de patudo en el Pacífico oriental, promediadas para el período de 1971 a 1980, obtenidas de los datos de bitácora recolectados por el personal de la CIAT. Las capturas mayores se lograron frente al norte de Sudamérica, excepto en el tercer trimestre.

En la Figura 21 se presentan datos de frecuencia de longitud de patudos capturados por barcos cerqueros en el Pacífico oriental entre 1982 y 1988 y medidos por empleados de la CIAT. Aproximadamente la mitad de la captura, por peso, consiste de peces de longitud inferior a los 100 cm.

Los investigadores del FSFRL y la CIAT terminaron recientemente un análisis de la pesca epipelágica de patudo en el Océano Pacífico oriental. Se descubrió que existe una sobreposición considerable en las longitudes de patudos capturados por la pesca palangrera y epipelágica. Un 64% de la captura de patudo se obtiene en cardúmenes no asociados, un 29% en cardúmenes asociados con objetos flotantes, y el resto en cardúmenes asociados con ballenas, tiburones, y delfines. Durante el período de 1971 a 1986, el promedio de captura de patudo por lance positivo fue de 23 toneladas (22 y 28 toneladas, respectivamente, en cardúmenes no asociados y en cardúmenes asociados con objetos flotantes). Se capturó un 76% del patudo capturado en cardúmenes puros (que no están mezclados con otras especies de importancia comercial) en cardúmenes no asociados, y un 28% en cardúmenes asociados con objetos flotantes.

En la Figura 97 se presentan las distribuciones de la captura de patudo por unidad de esfuerzo lograda por palangreros japoneses en el Pacífico oriental, promediadas para el período de 1971 a 1980. Las tasas de captura por anzuelo (número de peces capturados por 100 anzuelos) fueron elevadas en la mayor parte del Pacífico oriental, excepto en la zona al norte de 5°N y al este de 125°W. Las zonas con las tasas de captura más elevadas fueron entre el Ecuador y las Islas Galápagos durante todo el año, al nordeste de Hawaii (la zona entre 18°–33°N y 120°–145°W) durante el primer y cuarto trimestre, y frente a la parte meridional del Perú y el norte de Chile en la zona entre los 18°–25°S y 80°–90°W durante los dos últimos trimestres.

En la región ecuatorial del norte, entre la línea ecuatorial y 10°N, donde se aplicó un fuerte esfuerzo de pesca, las tasas de captura por anzuelo fueron relativamente bajas durante el segundo semestre del año, especialmente en la parte occidental de esta región. En cambio, en la región ecuatorial del sur, entre la línea ecuatorial y 15°S, las tasas de captura fueron más elevadas en la parte occidental que en la parte oriental durante todo el año.

La distribución del esfuerzo no coincide plenamente con las zonas con las tasas más elevadas de captura de patudo por anzuelo, a pesar de que fue la especie más importante capturada por los palangreros japoneses. Por ejemplo, existió una fuerte concentración de esfuerzo en las aguas ecuatoriales (10°N a 15°S y al oeste de 110°W), pero las tasas de captura por anzuelo de patudo en esta zona no fueron particularmente elevadas. Además, aunque las tasas de captura por anzuelo fueron bastante elevadas al nordeste de Hawaii y frente a la parte meridional de Perú y el norte de Chile, no se aplicó mucho esfuerzo en esas zonas. Puede que esto se deba a que en la región ecuatorial el patudo

pudo capturarse durante todo el año y los peces fueron generalmente grandes, mientras que más al norte y más al sur la aparición del patudo fue más estacional, y los peces solían ser más pequeños.

Se presentan en la Figura 99 los datos frecuencia-longitud del patudo capturado con palangre durante 1971–1980 en la zona delineada en la Figura 98. La mayoría de los peces capturados medían entre unos 100 y 170 cm. La composición de longitud fue relativamente constante entre 1971 y 1974, pero se nota un cambio considerable entre 1975 y 1980. Las proporciones de peces más pequeños (menores de 120 cm) fueron significativamente superiores en 1977 y 1979, y se evidenció una separación más fuerte de los grupos modales en 1975, 1976, 1979, y 1980. Estos cambios en la composición de longitud coinciden en tiempo con el incremento reciente del esfuerzo de pesca de los palangreros japoneses.

En la Tabla 1 del capítulo sobre el patudo en el Informe Especial N° 2 de la CIAT se presentan los movimientos de patudos marcados por varias organizaciones que permanecieron en libertad durante períodos largos. Las distancias recorridas son inferiores a aquellas registradas para las otras especies de atunes de importancia comercial, pero no se debe exagerar el significado de esto, dada la escasez de las devoluciones.

En general, hay dos métodos para analizar los efectos de la pesca sobre una población de peces: el modelado de producción, y el modelado de la estructuración de la edad. Estos modelos se describen detalladamente en la sección de este informe que trata del aleta amarilla.

Modelos de producción

Los modelos de producción pueden ser aplicados solamente a peces de poblaciones separadas; en consecuencia, sólo se pueden usar para el patudo del Océano Pacífico oriental si hay relativamente poco intercambio entre estos peces y aquellos de las zonas más al oeste. Debido a la falta de datos de marcado y de otros estudios que aportarían información sobre la estructura del stock, no es posible estimar el grado de mezcla (si es que existe) de patudo procedente de diferentes zonas.

En la Figura 100 se presentan los datos del esfuerzo, la captura y la captura por unidad de esfuerzo (cantidad de peces capturados por cien anzuelos) correspondientes a 1954–1984, en la parte del Océano Pacífico oriental delineada en la Figura 98. Se escogió esta zona porque incluye las zonas principales de pesca de patudo, y se cree que la inclusión de datos de zonas con grandes cantidades de esfuerzo y pocas capturas de patudo ocultaría la posible relación entre el esfuerzo y la captura de patudo. En 1954–1960, el esfuerzo y la captura fueron bajos, y la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) elevada. De 1961 a 1964, el esfuerzo y la captura fueron muy superiores a los de 1954–1960. En 1961 la CPUE fue ligeramente inferior a 3 peces por 100 anzuelos, y en 1964 se redujo a menos de 1.5 peces por 100 anzuelos. De 1964 a 1984 fluctuó el esfuerzo entre 38 y 114 millones de anzuelos, y la captura entre 0.37 y 1.07 millones de peces, pero la CPUE permaneció aproximadamente constante, cerca de 1 pez por 100 anzuelos. Es normal que la CPUE disminuya al aumentar el esfuerzo, y una pequeña reducción no indica necesariamente una pesca excesiva (desde el punto de vista de reducir el promedio de rendimiento máximo sostenible (PRMS), como se informa en la sección de este informe que trata del aleta amarilla). Sin embargo, la reducción de la CPUE a menos de la mitad de lo que era cuando el esfuerzo era bajo puede indicar una reducción de la población a un nivel inferior al necesario para producir el PRMS. No obstante, puede resultar significativo el hecho de que las capturas se hayan más que duplicado en el período 1965–1980, mientras que las CPUE permanecieron casi iguales. Esto puede deberse a una intensificación de la pesca de patudo por parte de los pescadores palangreros debido al precio elevado del mismo. Por ejemplo, es posible que el mayor empleo de las artes palangreras de profundidad a fines de los años setenta haya mantenido la CPUE del patudo al mismo nivel mientras que se reducía su abundancia. El desconocimiento actual sobre los niveles de intercambio de peces entre la zona analizada y las zonas adyacentes contribuye también a la incertidumbre en la interpretación de los datos.

Modelos con estructura de edades

El modelo de rendimiento por recluta (un tipo de modelo con estructura de edades) suministra información sobre el rendimiento por recluta que puede esperarse con varias combinaciones de esfuerzo de pesca y tamaños de ingreso. El modelo se basa en datos sobre la longitud a la edad o el peso a la edad y la mortalidad natural. Ambos, especialmente la mortalidad natural, son difíciles de estimar. Se calculó no obstante el rendimiento por recluta de patudo con respecto a varias combinaciones de esfuerzo de pesca (F) y de longitud de ingreso. Los datos sobre la longitud a la edad se obtuvieron según una ecuación de crecimiento de patudo presentada en el Boletín de la CIAT (Vol. 11, N° 2). Puesto que con los datos actualmente disponibles es imposible estimar en forma confiable el coeficiente de mortalidad natural (M) del patudo, se emplearon valores anuales experimentales de 0.4, 0.6, 0.8, y 1.0. En la Figura 101 se presentan los resultados, con longitudes de ingreso de 40 cm (2 kg o 4 libras), 60 cm (5 kg o 12 libras), 90 cm (17 kg o 38 libras), 120 cm (40 kg o 87 libras), y 150 cm (76 kg o 167 libras) y valores de F de 0.0 a 1.6. En cada caso, el rendimiento por recluta fue mínimo a una longitud de ingreso de 150 cm, así que el estudio se limitará a los otros cuatro valores, 40, 60, 90, y 120 cm. Según las Figuras 21 y 99, parece que la mayoría del patudo capturado por cerqueros y palangreros se recluta a una longitud de unos 60 a 90 cm y 90 a 120 cm, respectivamente. Sin embargo, en 1980 y 1982-1984 se capturaron en la pesca cerquera grandes cantidades de patudo entre los 40 y 60 cm. A un valor de M de 0.4, el rendimiento por recluta es aproximadamente igual para todas las longitudes de ingreso con valores de F hasta 0.4. A valores de F de 0.6 o más, el rendimiento por recluta es menor para una longitud de ingreso de 40 cm, y a valores de F de 0.8 o más es menor para una longitud de ingreso de 60 cm. A un valor de M de 0.6, el rendimiento por recluta es aproximadamente igual a todos valores de F para longitudes de ingreso de 60, 90 y 120 cm. Es asimismo aproximadamente igual para una longitud de ingreso de 40 cm con valores de F hasta 0.6, pero a valores mayores de F el rendimiento por recluta es menor. A un valor de M de 0.8 el rendimiento por recluta es aproximadamente igual a todos valores de F , a cualquier longitud de ingreso. A un valor de M de 1.0 el rendimiento por recluta es aproximadamente igual a todos valores de F para longitudes de ingreso de 40, 60 y 90 cm, pero menor para una longitud de ingreso de 120 cm. En general, a valores elevados de M se obtienen los rendimientos por recluta mayores con longitudes de ingreso pequeñas o intermedias (40, 60, y 90 cm), y a valores bajos de M se obtienen los rendimientos por recluta mayores con longitudes de ingreso intermedias (90 y 120 cm). Aunque actualmente no se sabe cuál valor de M es más aplicable a la población de patudo explotada por la pesca epipelágica y palangrera del Pacífico oriental, lo más probable es que caiga entre 0.6 y 0.8. A estos niveles, los análisis anteriores indican que el rendimiento por recluta alcanzaría el máximo a una longitud de ingreso entre unos 90 y 120 cm. Esto significa que la longitud de ingreso promedio para la pesca epipelágica es inferior a aquella que lograría un rendimiento por recluta máximo, y que aquella de la pesca palangrera es superior a esa longitud. Sin embargo, se recalca que estas estimaciones se basan en datos inadecuados, así que son poco confiables.

BARRILETE NEGRO

El barrilete negro forma solamente una muy pequeña parte de los descargues de atunes capturados en el Pacífico oriental, pero tiene bastante importancia comercial en varios países latinoamericanos. Forma además un recurso de magnitud importante, que probablemente será explotado más fuertemente a medida que aumente la demanda de atún. Por consiguiente, es prudente obtener todo conocimiento posible sobre esta especie.

El conocimiento actual del barrilete negro proviene principalmente de los datos de bitácora de los barcos, de datos sobre los pesos de peces descargados en las enlatadoras, de estómagos, gónadas, y mediciones de peces obtenidas en las enlatadoras, de gónadas recolectadas en cruceros de marcado

para estudios histológicos, de estudios de larvas (orientados principalmente a otras especies), de datos de recaptura de barriletes negros marcados incidentalmente cuando se marca aleta amarilla o barrilete, y de estudios actuales en el Laboratorio de la CIAT en Achotines.

En la Tabla 1 se presentan los datos sobre los descargues de barrilete negro por barcos atuneros de 1961 a 1988. Estos datos incluyen sólo el pescado descargado; se sabe que se capturan cantidades mayores, pero como no se descargan, no se incluyen en las estadísticas. Además, esta especie es capturada por pequeños barcos basados en Latinoamérica, de los cuales no se obtienen datos. Las capturas reales son así superiores a las indicadas en la tabla. En la Figura 102 se presentan las zonas de captura de 1980 a 1983 de barcos de los que se obtuvieron datos de bitácora.

En el Informe Interno 17 de la CIAT se presenta un análisis de la relación peso-longitud del barrilete negro. En un crucero de marcado, realizado en 1981, se hicieron algunas observaciones sobre la habilidad natatoria, la temperatura del cuerpo, y el tiempo requerido para la evacuación gástrica; el análisis de los resultados se publicó en una revista científica en 1984. Se terminaron recientemente estudios para determinar las zonas y la duración de desove, el tamaño al alcanzar la madurez sexual, la proporción de sexos, la fecundidad, y la frecuencia del desove, y se publicaron los resultados en el Boletín de la CIAT, Vol. 19, N° 2. El cálculo del potencial reproductivo tiene una importancia primordial en lo referente a la dinámica de poblaciones de los peces, ya que es un determinante básico de la productividad. Además, ya que la cantidad de peces de tamaño capturable disponible a la pesca depende en gran parte del éxito del desove y de la sobrevivencia durante los primeros estadios del ciclo vital, los estudios de este tipo pueden producir información de valor potencial para realizar pronósticos.

Se han recolectado grandes cantidades de larvas y juveniles de barrilete negro y de otras especies de escómbridos (atunes y caballas), en particular frente a América Central y cerca de la desembocadura del Mar de Cortez. Además, se han marcado 1,502 barriletes negros, de los cuales se ha registrado la recaptura de 107. En el Informe Anual de la CIAT para 1982 se presenta información sobre las migraciones y el crecimiento del barrilete negro, basada en estos datos.

Los datos sobre larvas y juveniles, junto con los datos de marcado y de bitácora, proporcionan los índices de abundancia del barrilete negro con relación a las demás especies de escómbridos. Esta información parece indicar que la producción anual potencial de esta especie es muy superior a los niveles actuales de descargue.

Actualmente se están realizando investigaciones considerables sobre el barrilete negro en el laboratorio de la CIAT en Achotines (Panamá). Se está estudiando el crecimiento de larvas y juveniles mediante la cría en el laboratorio de peces capturados en el océano y la examinación de los otolitos. Se está experimentando con varias dietas para determinar cuál de ellas resulta en la mayor sobrevivencia de las larvas y juveniles cautivos. Se están examinando con microscopio secciones transversales de larvas y juveniles para determinar su estado nutritivo, y se están realizando estudios de campo para averiguar más a fondo el efecto del ambiente sobre la sobrevivencia de las larvas en el océano. También se está llevando a cabo un estudio del desarrollo muscular y del intercambio térmico. Los resultados de estos estudios podrán ser aplicados en gran parte a otras especies de atunes. Hacia fines de 1988 se completó el primer borrador de un trabajo en el cual se describe el crecimiento de barriletes negros criados en cautiverio.

**APPENDIX 1—ANEXO 1
STAFF*—PERSONAL***

DIRECTOR

James Joseph, Ph.D. (University of Washington)

SCIENTIFIC—CIENTIFICO

Senior Scientists—Científicos Principales

William H. Bayliff, Ph.D. (University of Washington)	
Biology	—Biología
David A. Bratten, B.S. (San Diego State University)	
Biology	—Biología
Richard B. Deriso, Ph.D. (University of Washington)	
Biology: population dynamics	—Biología: dinámica de poblaciones
(from October 1	desde el 1 de octubre)
Eric D. Forsbergh, B.A. (Harvard University)	
Biology	—Biología
(to May 31	hasta el 31 de mayo)
Martin A. Hall, Ph.D. (University of Washington)	
Biology: population dynamics	—Biología: dinámica de poblaciones
Michael G. Hinton, M.S. (University of Washington)	
Biology: statistics	—Biología: estadística
Witold L. Klawe, M.A. (University of Toronto)	
Biology	—Biología
Forrest R. Miller, M.A. (University of California at Los Angeles)	
Meteorology	—Meteorología
Robert J. Olson, M.A. (San Diego State University)	
Biology	—Biología
Patrick K. Tomlinson, B.S. (Humboldt State University)	
Biology: population dynamics	—Biología: dinámica de poblaciones
Alexander Wild, Ph.D. (University of British Columbia)	
Biology	—Biología

Associate Scientists—Científicos Asociados

Alejandro A. Anganuzzi, Lic. (Universidad Nacional de Mar del Plata)	
Biology: population dynamics	—Biología: dinámica de poblaciones
Thomas P. Calkins, B.S. (University of Washington)	
Biology	—Biología
Edward H. Everett, B.A. (San Jose State University)	
Biology: statistics	—Biología: estadística
Terry J. Foreman, M.S. (San Diego State University)	
Biology	—Biología

Milton F. López, B.S. (University of Rhode Island)	
Computer science	—Ciencia de computadoras
Ashley J. Mullen, B.A. (University of Warwick)	
Biology: mathematics	—Biología: matemática
Richard G. Punsly, M.S. (University of Washington)	
Biology: population dynamics	—Biología: dinámica de poblaciones
Kurt M. Schaefer, M.S. (San Diego State University)	
Biology	—Biología
Vernon P. Scholey, B.S. (University of Washington)	
Biology	—Biología (Achetines, Panamá)
Michael D. Scott, M.A. (University of California at Los Angeles)	
Biology	—Biología
Sachiko Tsuji, Ph.D. (University of Tokyo)	
Biology: population dynamics	—Biología: dinámica de poblaciones
Gayle Ver Steeg, B.S. (Iowa State University)	
Computer programmer	—Programadora de computadoras

Assistant Scientists—Científicos Auxiliares

Ernesto Altamirano Nieto, B.S. (Universidad Autónoma de Baja California)	
Biology	—Biología
Richard K. Childers, B.S. (Humboldt State University)	
Biology: statistics (from July 11)	—Biología: estadística desde el 11 de julio (Manta, Ecuador)
David R. Cormany, B.A. (Western Washington University)	
Biology	—Biología
Leonardo García, Lic. (Universidad de Guayaquil)	
Biology: statistics	—Biología: estadística (Manta, Ecuador)
Craig F. Heberer, B.S. (Humboldt State University)	
Biology: statistics	—Biología: estadística (Mayaguez, Puerto Rico)
Yoshio Ishizuka, B. Agri. (University of Tokyo)	
Biology (from September 2)	—Biología desde el 2 de septiembre
Robert R. Lauth, M.S. (University of Washington)	
Biology (from March 21)	—Biología desde el 21 de marzo (Achetines, Panamá)

Richard J. Lindsay, B.S. (Long Island University)	
Biology	— Biología
Alberto Morales Yañez, B.S. (Universidad Autónoma de Baja California)	
Biology	— Biología
(from December 1	desde el 21 de diciembre)
	(Ensenada, México)
Eric E. Pedersen, B.S. (Humboldt State University)	
Biology: statistics	— Biología: estadística
	(Ensenada, México)
Andris Purmalis, B.S. (University of Michigan)	
Biology: statistics	— Biología: estadística
	(Panamá, R.P.)
Lesly Rodríguez, Lic. (Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua)	
Biology	— Biología
Jorge L. Sayegh, Ocean. (Universidad de Oriente)	
Biology: statistics	— Biología: estadística
	(Cumaná, Venezuela)
Osvaldo A. Silva, Ict. Pis. (Instituto de Altos Estudios de la Técnica en la Industria y Economía Pesquera, Astrakhan, USSR)	
Biology: statistics	— Biología: estadística
	(Panamá, R.P.)
Karen L. Smith, M.Sc. (University of Strathclyde)	
Biology: mathematics	— Biología: matemática
Enrique Ureña Portales, B.S. (Universidad Autónoma de Baja California)	
Biology: statistics	— Biología: estadística
	(Ensenada, México)
Jeanne B. Wexler, B.S. (Humboldt State University)	
Biology	— Biología

TECHNICAL—TECNICO

Javier Barandiarán, B.A.C (Universidad de Puerto Rico)	
Waterfront contact: laboratory technician	
	— Representante en el muelle: técnico de laboratorio
Sharon A. Booker	
Data secretary	— Secretaria de datos
(from June 20	desde el 20 de junio)
Joanne E. Boster	
Scientific technician	— Técnica científica
Julio Carranza	
Waterfront contact: laboratory technician	
	— Representante en el muelle: técnico de laboratorio
	(Coishco, Perú)

Nannette Y. Clark
Statistical technician —Técnica en estadística

José Raúl Gómez López
Waterfront contact: laboratory technician —Representante en el muelle: técnico de laboratorio
(from June 16 to November 30 desde el 16 de junio hasta el 30 de noviembre)
(Ensenada, México)

Juan A. Gracia, J.D. (Universidad Católica de Puerto Rico)
Waterfront contact: laboratory technician —Representante en el muelle: técnico de laboratorio
(Mayaguez, Puerto Rico)

Gary A. Hunt
Diesel mechanic —Mecánico de diésel
(Achetines, Panamá)

C. Aníbal Orbes A.
Waterfront contact: laboratory technician —Representante en el muelle: técnico de laboratorio
(Manta, Ecuador)

Raymond C. Rainey
Waterfront contact: laboratory technician —Representante en el muelle: técnico de laboratorio
(to May 31 hasta el 31 de mayo)

ADMINISTRATIVE—ADMINISTRATIVO

Berta N. Juárez
Bilingual secretary to the Director —Secretaria bilingüe del Director

James M. Lannon
Administrative assistant —Ayudante administrativo

Sarah J. Rangel, B.A. (University of Wisconsin)
Bilingual secretary —Secretaria bilingüe
(to December 16 hasta el 16 de diciembre)

Nicholas J. Webb, B.A. (University of York)
Technical translator —Traductor técnico

* All staff members at La Jolla unless otherwise noted

* Todos en La Jolla, a menos que se indique lo contrario

APPENDIX 2—ANEXO 2

INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION—COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL

Balance Sheet, September 30, 1988—
Balance General, 30 de Septiembre de 1988

<i>Assets—Activo</i>		
Current assets—Activo circulante		
Cash—Efectivo	\$369,529	
Accounts receivable—Cuentas por cobrar	17,074	
Advances and deposits—Anticipos y depósitos	<u>120,683</u>	
Total current assets—Activo total circulante	507,286	
Real property, at cost—Propiedad raíz, al costo	<u>325,775</u>	
	<u>\$833,061</u>	
<i>Liabilities and fund balances—Pasivo y balance de los fondos</i>		
Current liabilities—Pasivo circulante		
Accounts payable—Cuentas por pagar	\$ 43,200	
Accrued expenses—Gastos acumulados	222,251	
Deferred revenue—Ingresos diferidos	<u>—</u>	
Total current liabilities—Pasivo total circulante	265,451	
Fund balance—Balance de los fondos		
General fund (deficiency)—Fondo general (déficit)	241,835	
Real property fund—Fondo propiedad raíz	<u>325,775</u>	
Total fund balance—Balance total de los fondos	567,610	
	<u>\$833,061</u>	

INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION—COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL
Statement of Changes in Financial Position for the Year Ended September 30, 1988—
Declaración de Cambios en la Situación Financiera Correspondiente
al Año Fiscal que Termina el 30 de Septiembre de 1988

Sources of working capital—Origen del capital de trabajo	
Excess of revenues over expenses—Exceso de gastos sobre los ingresos	\$ —
Increase in working capital—Aumento en el capital de trabajo	—
Uses of working capital—Utilización del capital de trabajo	
Deficiency of revenues over expenses—Déficit de ingresos sobre los gastos	236,759
Decrease in working capital—Reducción del capital de trabajo	236,759
Changes in components of working capital—Cambios in componentes de capital de trabajo	
Increase (reduction) in current assets—Aumento (reducción) del activo circulante	
Cash—Efectivo	(214,429)
Accounts receivable—Cuentas por cobrar	(2,320)
Advances and deposits—Anticipos y depósitos	(15,304)
	(232,053)
Increase (decrease) in current liabilities—Aumento (reducción) en el pasivo circulante	
Accounts payable—Cuentas por pagar	1,800
Accrued expenses—Gastos acumulados por pagar	2,906
Deferred revenue—Ingresos diferidos	—
	4,706
Increase (decrease) in working capital—Aumento (reducción) en el capital de trabajo	\$(236,759)

INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION—COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL
Statement of Revenue and Expenses for the Year Ended September 30, 1988—
Declaración de Ingresos y Gastos Correspondiente al Año Fiscal que Termina el 30 de Septiembre de 1988

Revenue—Ingresos

Government contributions for joint expenses—Contribuciones de los gobiernos a los gastos combinados	
United States of America—Estados Unidos de América	\$2,679,000
Japan—Japón	92,159
France—Francia	42,235
Nicaragua	—
Panama—Panamá	—
Total contributions—Contribuciones totales	2,813,394
Contract revenue—Ingresos por contrato	127,083
Interest income—Ingresos por interés	37,356
Other revenue—Otros ingresos	11,028
Total revenue—Ingreso total	2,988,861

Expenses—Gastos

Salaries—Sueldos	1,413,656
Employee benefits—Beneficios laborales	195,010
Contract expenses—Gastos por contratos	219,752
Travel expenses—Gastos por viajes	269,595
Scientific technician costs—Gastos de los técnicos científicos	273,255
Printing and postage—Imprenta y franqueo	94,078
Legal and professional—Legales y profesionales	18,160
Materials and supplies—Materiales y suministros	565,800
Rent and utilities—Alquiler y servicios públicos	77,863
Insurance and taxes—Seguros e impuestos	53,274
(Gain) loss on foreign currency translation—(Ganancia) pérdida en cambio de moneda extranjera	—
Tag rewards—Recompensas por marcas de peces	160
Miscellaneous—Miscelánea	45,017
Total expenses—Gastos totales	3,225,620
Excess (deficiency) of revenue over expenses—Exceso (déficit) de gastos sobre ingresos	\$ (236,759)

INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION—COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL
Statement of Changes in Fund Balances for the Year Ended September 30, 1988—
Declaración de Cambios en el Balance de los Fondos Correspondiente al
Año Fiscal que Termina el 30 de Septiembre de 1988

	Unrestricted fund balance— Balance ilimitado de los fondos	Real property fund— Fondo propiedad raíz	Total
Balance (deficiency) at September 30, 1986— Balance (déficit) hasta el 30 de septiembre de 1986	\$588,201	\$325,775	\$913,976
Excess of revenue over expenses Exceso de ingresos sobre los gastos	<u>(109,607)</u>	<u>—</u>	<u>(109,607)</u>
Balance (deficiency) at September 30, 1987 Balance (déficit) hasta el 30 de diciembre de 1987	478,594	325,775	804,369
Excess of revenue over expenses Exceso de ingresos sobre los gastos	<u>(236,759)</u>	<u>—</u>	<u>(236,759)</u>
Balance (deficiency) at September 30, 1988— Balance (déficit) hasta el 30 de septiembre de 1988	<u>\$241,835</u>	<u>\$325,775</u>	<u>\$567,610</u>

APPENDIX 3—ANEXO 3
PUBLICATIONS BY IATTC STAFF MEMBERS RECEIVED DURING 1988
PUBLICACIONES DEL PERSONAL DE LA CIAT RECIBIDOS DURANTE 1988

Annual Report—Informe Anual

1987

Bulletin—Boletín

Bayliff, William H. 1988. Growth of skipjack, *Katsuwonus pelamis*, and yellowfin, *Thunnus albacares*, tunas in the eastern Pacific Ocean, as estimated from tagging data—Crecimiento de los atunes barrilete, *Katsuwonus pelamis*, y aleta amarilla, *Thunnus albacares*, en el Pacífico oriental, estimado a partir de datos de marcado. Vol. 19, No. 4.

Special Report—Informe Especial

Leatherwood, Stephen, Randall R. Reeves, William F. Perrin, y William E. Evans. 1988. Ballenas, delfines y marsopas del Pacífico nororiental y de las aguas articas adyacentes. No. 6. (This is a Spanish translation of NOAA Technical Report NMFS Circular 444, published by the U.S. National Marine Fisheries Service in 1982.—Este es una traducción al castellano del NOAA Technical Report NMFS Circular 444, publicado por el U.S. National Marine Fisheries Service en 1982.)

Internal Report—Informe Interno

Forsbergh, Eric D. 1988. A review of the question of subpopulations of skipjack tuna, *Katsuwonus pelamis*, in the Pacific Ocean, and of possible migration routes. No. 21

Book—Libro

Joseph, James, Witold Klawe, and Pat Murphy. 1988. Tuna and Billfish—Fish without a Country, Fourth Edition. Inter-American Tropical Tuna Commission, La Jolla: ix, 69 pp.

Outside journals—Revista externas

Au, David W., Michael D. Scott, and Wayne L. Perryman. 1988. Leap-swim behavior of “porpoising” dolphins. *Cetus*, 8 (1): 7-10.

Joseph, James. 1988. A review of the fishery for tropical tunas in the eastern Pacific Ocean. *Tuna Newsletter* (U.S. National Marine Fisheries Service, Southwest Fisheries Center, La Jolla), 90: 5-7.

Majors, Anthony P., and Forrest R. Miller. 1988. Summary of the 1987 North and South Pacific albacore fisheries data. U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., Admin. Rep., LJ-88-21: 55 pp.

Schaefer, Kurt M. 1988. Time and frequency of spawning of yellowfin tuna at Clipperton Island, and plans for future studies. *Maguro Gyogyo Kyogikai, Suisancho Suisan Kenkyusho* (Proceedings of the Tuna Fishery Research Conference, Japan Fisheries Agency-Far Seas Fisheries Research Laboratory): 118-126.

Joseph, James, and Forrest R. Miller. 1988. El Niño and the surface fishery for tunas in the eastern Pacific. *Maguro Gyogyo Kyogikai, Suisancho Suisan Kenkyusho* (Proceedings of the Tuna Fishery Research Conference, Japan Fisheries Agency-Far Seas Fisheries Research Laboratory): 199-207.

Buckland, S. T., and A. A. Anganuzzi. 1988. Comparison of smearing methods in the analysis of Minke sightings data from IWC/IDCR Antarctic cruises. *Inter. Whaling Comm., Rep.*, 38: 257-263.

Buckland, S. T., and A. A. Anganuzzi. 1988. Estimated trends in abundance of dolphins associated with tuna in the eastern tropical Pacific. Inter. Whaling Comm., Rep., 38: 411-437.

Hall, M. A., and S. D. Boyer. 1988. Incidental mortality of dolphins in the eastern tropical Pacific tuna fishery in 1986. Inter. Whaling Comm., Rep., 38: 439-441.

Bayliff, William H. 1988. Integrity of schools of skipjack tuna, *Katsuwonus pelamis*, in the eastern Pacific Ocean, as determined from tagging data. U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., Fish. Bull., 86 (4): 631-643.

Graves, John E., Marie A. Simovich, and Kurt M. Schaefer. 1988. Electrophoretic identification of early juvenile yellowfin tuna, *Thunnus albacares*. U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., Fish. Bull., 86 (4): 835-838.

Dickson, K. A. 1988. At what size are tunas able to elevate muscle temperatures significantly? [abstract]. Amer. Zool., 28 (4): 46A.